

الباب الرابع الكيمياء الكهربائية

الطاقة الكهربائية

أهم أنواع صور الطاقة وأكثرها صداقة للبيئة.

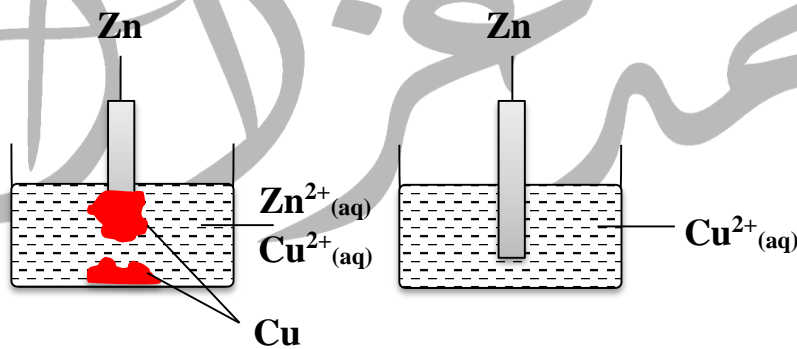
الكيمياء الكهربائية

العلم الذي يهتم بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي.

تجربة عملية تبين أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال :



الخطوات :

✳ اغمس صفيحة من الخارصين في محلول كبريتات النحاس (الزرقاء اللون)

الملاحظة :

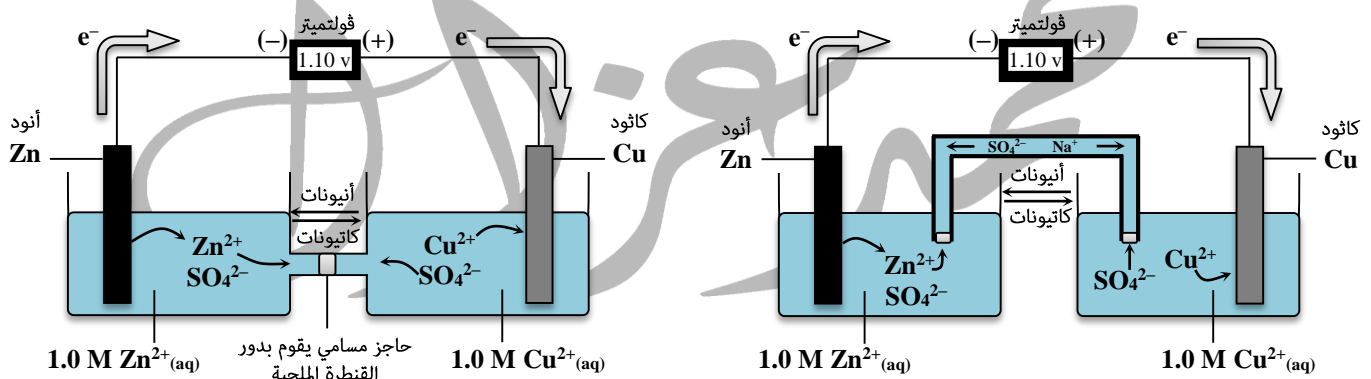
- (١) النحاس بدأ يترسب على سطح صفيحة الخارصين.
- (٢) الخارصين بدأ في الذوبان في المحلول.
- (٣) إذا استمر ذلك لفترة طويلة فإن لون كبريتات النحاس قد يزول ويصبح عديم اللون ويزداد ذوبان الخارصين.

الاستنتاج : حدوث تفاعل أكسدة واختزال تلقائي.

عملية الاختزال	عملية الأكسدة	
عملية اكتساب الذرة أو الأيون للإلكترون أو أكثر ينتج عنها زيادة في الشحنة السالبة أو نقص في الشحنة الموجبة.	عملية فقد الذرة أو الأيون للإلكترون أو أكثر ينتج عنها زيادة في الشحنة الموجبة أو نقص في الشحنة السالبة.	التعريف
يكتسب كل أيون نحاس (Cu^{2+}) في المحلول إلكترونين (القادمين من نصف تفاعل الخارصين) ويتحول إلى فلز النحاس (Cu) الذي يترسب على سطح صفيحة الخارصين.	تفقد كل ذرة خارصين (Zn) إلكترونين وتتحول إلى أيون (Zn^{2+}) الذي يترك سطح صفيحة الخارصين ويزوب وينتشر في المحلول.	وصف التفاعل
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \xrightarrow{\text{Reduction}} \text{Cu}^{\circ}_{(\text{s})}$	$\text{Zn}^{\circ}_{(\text{s})} \xrightarrow{\text{Oxidation}} \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-}$	معادلة التفاعل
$\text{Zn}^{\circ}_{(\text{s})} + \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Cu}^{\circ}_{(\text{s})}$		التفاعل الكلي

أولاً الخلايا الجلفانية :

خلية دانيال (مثال تطبيقي للخلايا الجلفانية) :



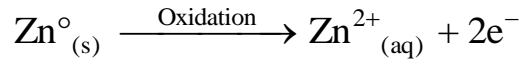
إناء من الزجاج يحتوي على لوح من فلز الخارصين (قطب الخارصين) ويُعرف بالمصعد أو الأنود (Anode) وهو القطب السالب في الخلية، مغمور في إلكتروليت من محلول أحد أملاحه مثل كبريتات الخارصين (ZnSO_4).	نصف خلية الخارصين
إناء من الزجاج يحتوي على لوح من فلز النحاس (قطب النحاس) ويُعرف بالمهبط أو الكاثود (Cathode) وهو القطب الموجب في الخلية، مغمور في إلكتروليت من محلول أحد أملاحه مثل كبريتات النحاس (CuSO_4).	نصف خلية النحاس
أنبوبة زجاجية على شكل حرف (U) تملأ بمحلول إلكتروليتي (مثل : كبريتات الصوديوم Na_2SO_4) تقوم بالتوصيل بين محلولي نصف الخلية الموجودين في الإنائين المنفصلين، بحيث لا تتفاعل أيوناته مع أيونات محاليل نصف الخلية ولا مع مواد أقطاب الخلية الجلفانية.	القنطرة الملحية
يقوم بالتوصيل بين قطبي الخلية.	سلك معدني

التنغيع والتفاعلات :

عند توصيل قطبي الخلية بسلك معدني موصل يحدث مرور تيار كهربائي.
ويمكن توضيح تفاعلات الأكسدة والاختزال الحادث في هذه الخلية فيما يلي :

① عند المصعد (الأنود) :

— يحدث تفاعل أكسدة لقطب الخارصين في نصف خلية الخارصين.

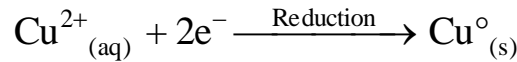


نتيجة لذلك :

- يتآكل ساق الخارصين ويذوب في المحلول.
- تزداد كاتيونات الخارصين في نصف خلية الخارصين نتيجة لعملية الأكسدة.
- تتحرك الإلكترونات عبر السلك الخارجي إلى نصف خلية النحاس.

② عند الكاثود (المهبط) :

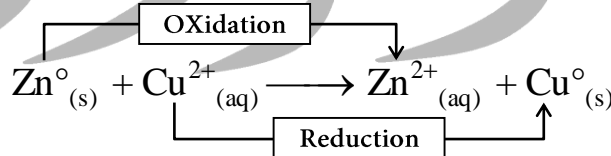
— يحدث تفاعل اختزال لكاتيونات النحاس في نصف خلية النحاس.



نتيجة لذلك :

- تنضب أيونات النحاس بسبب ترسيبها على هيئة ذرات نحاس (Cu°) في نصف خلية النحاس.
- تتجه أيونات الكبريتات إلى نصف خلية الخارصين عبر القنطرة الملحية أو عبر الحاجز المسامي (الذي يقوم بدور القنطرة الملحية).
- تتعادل الأيونات الموجبة والسالبة في محلولي نصفي الخلية.

③ التفاعل الكلي الحادث :



أسئلة هامة

(١) متى تتوقف خلية دانيال عن إنتاج التيار الكهربائي ؟

عندما يتآكل قطب الخارصين $\text{Zn}^{\circ}_{(s)}$ تماماً أو عندما تنضب أيونات النحاس تماماً $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$

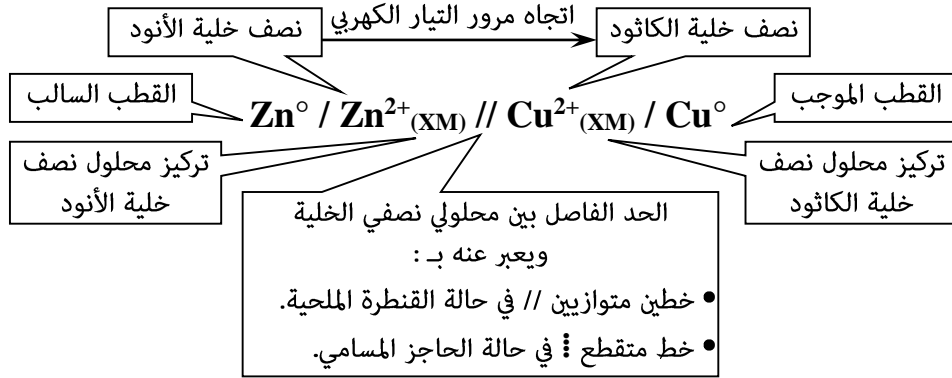
(٢) ما أهمية القنطرة الملحية ؟

- ① تقوم بالتوصيل بين محلولي نصفي الخلية بطريقة غير مباشرة.
- ② تقوم بمعادلة الأيونات الموجبة والسالبة الزائدة التي تتكون في محلولي نصفي الخلية نتيجة تفاعلات الأكسدة والاختزال في نصف خلية الخارصين ونصف خلية النحاس على التوالي.

(٣) ماذا يحدث في حالة غياب القنطرة الملحية ؟

يؤدي إلى توقف تفاعل الأكسدة والاختزال وبالتالي يتوقف مرور التيار الكهربائي في السلك الخارجي الموصل بين نصفي الخلية.

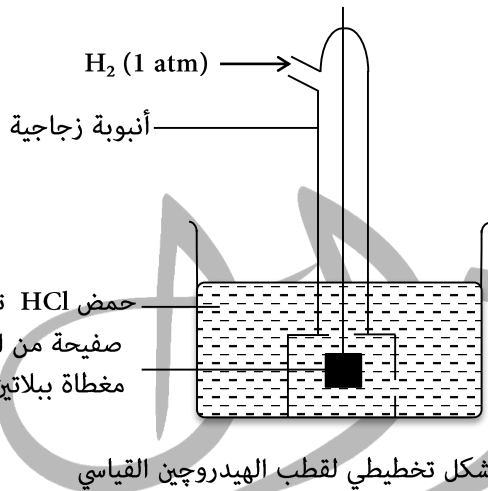
الرمز الاصطلاحي :



قياس جهود الأقطاب Electrode Potentials

قطب الهيدروجين القياسي (SHE)

فكرة العمل :



لا توجد طريقة مؤكدة ومباشرة لقياس الفرق المُطلق في الجهد الكهربائي بين قطب فلز ومحلول أيوناته في الخلية الجلفانية.

في حين أن الفرق بين جهدي قطبي الخلية الجلفانية يمكن قياسه بسهولة وذلك عن طريق تكوين خلية جلفانية من قطبين أحدهما القطب المراد قياس جهده والآخر قطب قياسي ذو جهد ثابت ومعلوم ثم قياس القوة الدافعة الكهربائية للخلية (جهد الخلية) ومنها يمكن حساب جهد القطب غير المعروف.

الاستخدام :

يستخدم قطب الهيدروجين القياسي كقطب قياسي يمكن أن تقاس جهود أقطاب العناصر الأخرى غير المعروف بمعلومية جهده الذي يساوي Zero

التركيب :

صفحة من البلاتين (1cm²) مغطاه بطبقة اسفنجية من البلاتين الأسود يمرر عليها تيار من غاز الهيدروجين تحت ضغط ثابت (واحد ضغط جوي) ومغمورة في محلول واحد مولاري (1M) من أي حمض قوي.

الرمز الاصطلاحي : $Pt.H_2(1atm)/2H^+(1mol/L)$

(١) متى يساوي قطب الهيدروجين القياسي Zero ؟

عندما يكون : ① ضغط غاز الهيدروجين (H₂) يساوي 1 atm

② تركيز الحمض القوي المُستخدم (1 mol/L)

(٢) متى لا تساوي قيمة جهد قطب الهيدروجين القياسي Zero ؟

يتغير جهد قطب الهيدروجين القياسي بتغير تركيز (H⁺) في المحلول أو بتغير الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين المُستخدم أو كلاهما.

سلسلة الجهود الكهربائية للعناصر

تمكن العلماء من قياس الجهود القطبية القياسية (E°) لأنصاف الخلايا لجميع العناصر الفلزية واللافلزية مقاسة بالنسبة لجهود قطب الهيدروجين القياسي.

سلسلة الجهود الكهربائية

- ✧ ترتيب العناصر تنازلياً بالنسبة لجهود الاختزال السالبة.
- ✧ ترتيب العناصر تصاعدياً بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة.
- ✧ ترتيب العناصر ترتيباً تصاعدياً بالنسبة لجهود الاختزال القياسية.
- ✧ ترتيب العناصر ترتيباً تنازلياً حسب جهود الأكسدة القياسية.

بحيث تكون أكبر القيم السالبة لجهود الاختزال في أعلى السلسلة، وأكبر القيم الموجبة لجهود الاختزال في أسفلها.

جهود الاختزال القياسي	جهود التأكسد القياسي		عناصر	أنود (مصدق)
- 3	+ 3	A	تسبق الهيدروجين	أكسدة (عامل مختزل) أكثر نشاطاً
- 2	+ 2	B		
- 1	+ 1	C		
Zero	Zero	H	الهيدروجين	
+ 1	- 1	X	تلي الهيدروجين	اختزال (عامل مؤكسد) أقل نشاطاً
+ 2	- 2	Y		
+ 3	- 3	Z		

من الشكل التوضيحي السابق .. يمكن ملاحظة ما يلي :

* العناصر التي تقع عند قمة السلسلة لها الصفات التالية :

- ذات جهود اختزال أكثر سالبة (أقل إيجابية).
- ذات جهود أكسدة أكثر إيجابية (أقل سالبة).
- أكثر نشاطاً.

- عوامل مختزلة قوية (تتأكسد بسهولة) ... **علل** ؟ لأنها تفقد إلكتروناتها بسهولة عندما تدخل في تفاعل

مع أيونات أي عنصر يحتل مكانة أدنى في سلسلة الجهود الكهربائية.

- تعمل كأنود (مصدق) في الخلايا الجلفانية.

* العناصر التي تقع عند النهاية السفلى للسلسلة لها الصفات التالية :

- ذات جهود اختزال أكثر إيجابية (أقل سالبة).
- ذات جهود أكسدة أكثر سالبة (أقل إيجابية).
- أقل نشاطاً.

- الصورة المتأكسدة لها عوامل مؤكسدة قوية (تختزل بسهولة) ... **علل** ؟ لأنها ذات قدرة أكبر على

اكتساب إلكترونات عندما تدخل في تفاعل مع أي عنصر يحتل مكانة أعلى في سلسلة الجهود الكهربائية.

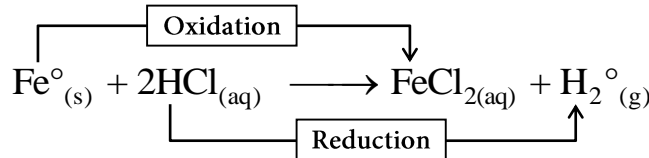
- تعمل ككاثود (مهبط) في الخلايا الجلفانية.

الصورة المتأكسدة للعناصر :

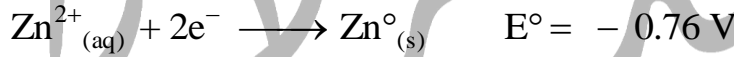
هي الصورة التي تكون فيها الفلزات على هيئة أيونات وتكون اللافلزات في صورتها العنصرية مثل جزيئات غاز الفلور (F_2)

- * العناصر المتقدمة في السلسلة تحل محل العناصر التي تليها في محاليل أملاحها، وكلما زاد البعد في الترتيب بين عنصرين كلما زادت قدرة العنصر المتقدم (ذو جهد الاختزال الأكثر سالبية أو الأقل إيجابية) على طرد العنصر المتأخر (ذو جهد الاختزال الأقل سالبية أو الأكثر إيجابية) من مركباته.
- * جميع العناصر التي تقع فوق الهيدروجين في سلسلة الجهود الكهربائية تحل محل أيونات الهيدروجين في المحاليل الحمضية (أي يتصاعد غاز الهيدروجين).

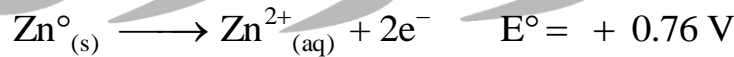
مثال : تفاعل عنصر الحديد مع حمض الهيدروكلوريك



- * كلما زادت القيمة السالبة لجهد الاختزال (أو زادت القيمة الموجبة لجهد الأكسدة) زاد الميل نحو الإحلال محل الهيدروجين.
- * العناصر ذات جهود الاختزال الموجبة (أو ذات جهود الأكسدة السالبة) – أي التي تقع تحت الهيدروجين في سلسلة الجهود الكهربائية – لا يمكن أن تحل محل أيونات الهيدروجين في محاليله.
- * الجهد القياسي لنصف خلية أي عنصر يأخذ إشارة سالبة أو موجبة.
- فإذا كان التفاعل في نصف خلية الخارصين مثلاً عبارة عن عملية اختزال فإن الجهد هنا يعرف بجهد الاختزال القياسي (E°) وجهد الاختزال لنصف خلية الخارصين (E°) بالنسبة لجهد الهيدروجين القياسي (-0.76V) ويعبر عنه بالتفاعل التالي :

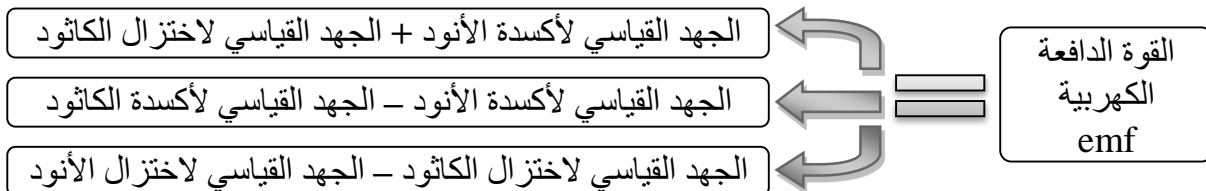


– ولكن جهد التأكسد لهذا العنصر يكون ذو إشارة مخالفة حيث يمثل هنا عملية أكسدة.



حساب القوة الدافعة الكهربائية emf (جهد الخلية E_{cell}) للخلايا الجلفانية :

يمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية للخلية الجلفانية، بإحدى العلاقات التالية :



ويلاحظ أن :

- ✧ نصف الخلية التي يكون جهد تأكسدها القياسي هو الأكبر ، تمثل نصف خلية الأنود.
- ✧ نصف الخلية التي يكون جهد اختزالها القياسي هو الأكبر ، تمثل نصف خلية الكاثود.
- ✧ إذا كانت قيمة emf للخلية (E_{cell}) : ① بإشارة موجبة فهذا معناه أنها خلية جلفانية.
- ② بإشارة سالبة فهذا معناه أنها خلية تحليلية.

مثال (1)

(A) ، (B) فلزان جهد أكسدة الأول (1.4V) ، وجهد اختزال الثاني (0.6V) على الترتيب، وكان الأول ثنائي التكافؤ، والثاني أحادي التكافؤ، احسب القوة الدافعة الكهربية لهذه الخلية، وهل يصدر عنها تيار كهربى أم لا ؟ ولماذا ؟ وما هو الرمز الاصطلاحي للخلية التي يمكن أن تتكون منهما ؟

الحل

جهد تأكسد (A) = 1.4V \ominus أعلى في جهد الأكسدة \ominus أنود (مصدر)

جهد تأكسد (B) = -0.6 V \ominus أقل في جهد الأكسدة \ominus كاثود (مهبط)

القوة الدافعة الكهربية (emf) = جهد أكسدة الأنود (A) - جهد أكسدة الكاثود (B)

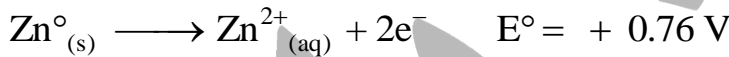
$$emf = 1.4 - (-0.6) = +2V$$

ويصدر عن هذه الخلية تيار كهربى، لأن قيمة (emf) موجبة فيكون التفاعل تلقائي (الخلية جلفانية)

الرمز الاصطلاحي : $A / A^{2+} // 2B^{+} / 2B$

مثال (2)

في خلية دانيال يحدث التفاعلات التالية :



احسب قيمة القوة الدافعة الكهربية (emf) للخلية ، واكتب الرمز الاصطلاحي للخلية.

الحل

يتضح من تفاعلات الأكسدة والاختزال حدوث عملية أكسدة للخارصين (أنود) واختزال للنحاس (كاثود)

القوة الدافعة الكهربية (emf) = جهد أكسدة الأنود (الخارصين) + جهد اختزال الكاثود (النحاس)

$$emf = 0.76 + 0.34 = +1.1V$$

الرمز الاصطلاحي : $Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu$

مثال (3)

خلية جلفانية مكونة من قطب Sn^{2+}/Sn وقطب Ag^{+}/Ag

إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي لكل من القصدير والفضة على التوالي (0.14 V) ، (0.8 V)

(1) احسب (emf) لها وحدد اتجاه انتقال التيار الكهربى.

(2) اكتب الرمز الاصطلاحي.

الحل

جهد اختزال القصدير (Sn) = -0.14 V \ominus أقل في جهد الاختزال \ominus أنود (مصدر)

جهد اختزال الفضة (Ag) = +0.8 V \ominus أعلى في جهد الاختزال \ominus كاثود (مهبط)

القوة الدافعة الكهربية (emf) = جهد اختزال الكاثود - جهد اختزال الأنود

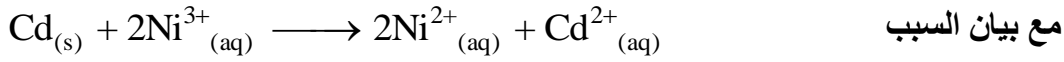
$$emf = 0.8 - (-0.14V) = +0.94V$$

اتجاه انتقال التيار الكهربى من القصدير (الأعلى جهد أكسدة) إلى الفضة (الأقل جهد أكسدة)

الرمز الاصطلاحي : $Sn / Sn^{2+} // 2Ag^{+} / 2Ag$

مثال (4)

هل التفاعل التالي يمثل عملية التفريغ أم الشحن في خلية النيكل - كادميوم القلوية ؟



الحل

يتضح من التفاعل الكلي حدوث عملية أكسدة للكاديوم (أنود) واختزال للنیکل (كاثود)

جهد أكسدة الكاديوم = $+0.4\text{V}$ جهد أكسدة النيكل = -0.9V

∴ جهد الخلية (E_{cell}) = جهد أكسدة الكاديوم (الأنود) - جهد أكسدة النيكل (الكاثود)

$$\text{emf} = 0.4 - (-0.9\text{V}) = +1.3\text{V}$$

∴ جهد الخلية (E_{cell}) بإشارة موجبة. ∴ هذا التفاعل يمثل تفاعل خلية جلفانية أي تفاعل تفريغ.

الخلايا الجلفانية وإنتاج الطاقة الكهربائية

تنقسم الخلايا الجلفانية تبعاً لطبيعة عملها لإنتاج الطاقة الكهربائية إلى :

① خلايا أولية Primary cells ② خلايا ثانوية Secondary cells

وجميعها أنظمة تنتج الطاقة الكهربائية من خلال ما يحدث فيها من أكسدة واختزال تلقائي.

أولاً الخلايا الأولية :

الخلايا الأولية

أنظمة تخزن الطاقة في صورة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية وذلك من خلال تفاعل أكسدة - اختزال تلقائي غير انعكاسي.

متى تتوقف الخلايا الأولية عن العمل ؟

عندما تستهلك مادة المصعد أو تتضرب أيونات نصف خلية المهبط.

مميزات الخلايا الأولية :

① تحقق جهداً ثابتاً لمدة أطول أثناء تشغيلها.

② إمكانية تصنيعها في أحجام أصغر.

③ توجد في صورة جافة وليست سائلة ... علل ؟

لكي يسهل استخدامها وخصوصاً في الأجهزة المتنقلة.

تسمى الخلايا الأولية بالبطاريات الجافة ... علل ؟

لاستخدامها وخصوصاً في الأجهزة المتنقلة في صورة جافة وليست سائلة.

عيوب الخلايا الأولية :

الخلايا الأولية خلايا غير إنعكاسية ... علل ؟

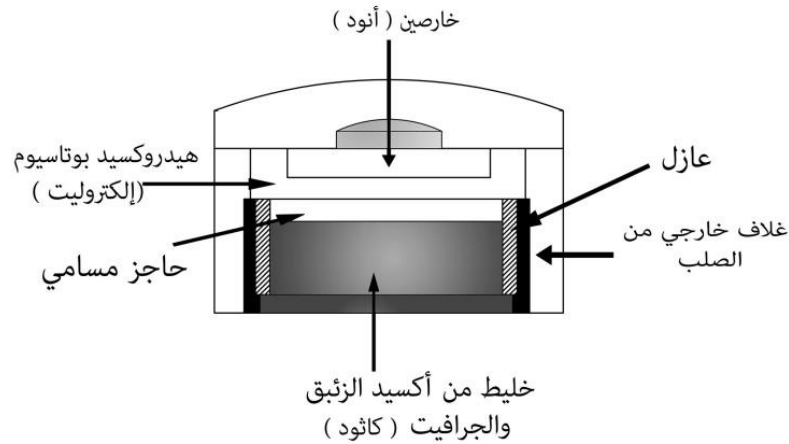
حيث أنه لا يسهل (عملياً أو اقتصادياً) بل ربما يصبح من المستحيل إعادة شحنها بغرض إعادة مكوناتها إلى الحالة الأصلية.

وسوف نعرض نموذجين للخلايا الأولية :

② خلية الوقود Fuel cell

① خلية الزئبق Mercury cell

❶ خلية الزئبق :



المكونات :

- ① أنود (مصعد) : قطب سالب من الخارصين
- ② كاثود (موجب) : قطب موجب من أكسيد الزئبق.
- ③ إلكتروليت : من هيدروكسيد البوتاسيوم.

الشكل : تُصنع في شكل اسطوانة أو على هيئة قرص، ومغلقة بإحكام بغلاف خارجي من الصلب.

الاستخدام :

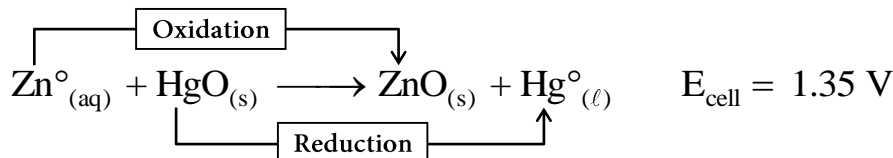
تستخدم خلية الزئبق في سماعات الأذن والساعات والآلات الخاصة بالتصوير ... علل ؟ لصغر حجمها.

القوة الدافعة الكهربائية : $E_{\text{cell}} = 1.35\text{V}$

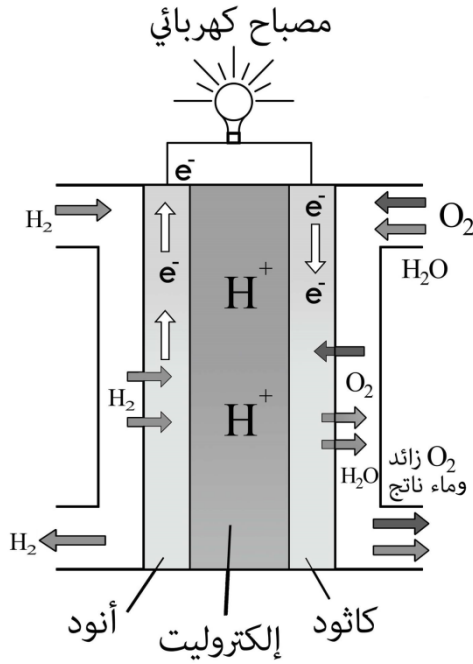
المميزات : صغيرة الحجم.

العيوب : يلزم التخلص من خلية الزئبق بطريقة آمنة ... علل ؟ لأنها تحتوي على الزئبق وهو مادة سامة

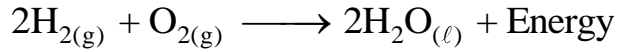
التفاعل الكلي :



(٢) خلية الوقود :



✧ من المعروف أن الهيدروجين يحترق في الهواء بعنف وينتج عن عملية الاحتراق ضوء وحرارة.



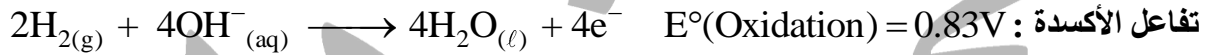
✧ تمكن العلماء من إجراء هذا التفاعل تحت ظروف يتم التحكم فيها داخل ما يعرف بخلية الوقود.

التركيب :

تتكون خلية الوقود من قطبين كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامي ... **علل ؟**

لأنها تسمح بالاتصال بين الحجرة الداخلية والمحلول الإلكتروليتي الموجود بها وهو غالباً محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المائي.

التفاعلات الحادثة في الخلية :



القوة الدافعة الكهربائية (جهد الخلية) $1.23\text{V} = E_{\text{cell}}$

المميزات :

(١) خلية الوقود لا تستهلك كباقي الخلايا الجلفانية ... **علل ؟** لأنها تزود بالوقود من مصدر خارجي.

(٢) تلعب خلية الوقود دوراً بالغ الأهمية بالنسبة لمركبات الفضاء ... **علل ؟**

بسبب: ① الوقود الغازي من الهيدروجين والأكسجين المستخدم في إطلاق الصواريخ هو نفسه الوقود المستخدم في هذه الخلايا.

② تعمل خلية الوقود عند درجة حرارة عالية فيتبخر الماء الناتج عنها ويمكن إعادة تكثيفه للاستفادة منه كمياه للشرب لرواد الفضاء.

العيوب :

خلايا الوقود لا تختزن الطاقة بعكس البطاريات الأخرى ... **علل ؟**

لأن عملها يتطلب إمدادها المستمر بالوقود وإزالة مستمرة للنواتج.

ثانياً الخلايا الثانوية :

الخلايا الثانوية

خلايا جلفانية تتميز بأن تفاعلاتها الكيميائية تفاعلات انعكاسية، وتحتزن الطاقة الكهربائية على هيئة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربائية عند اللزوم.

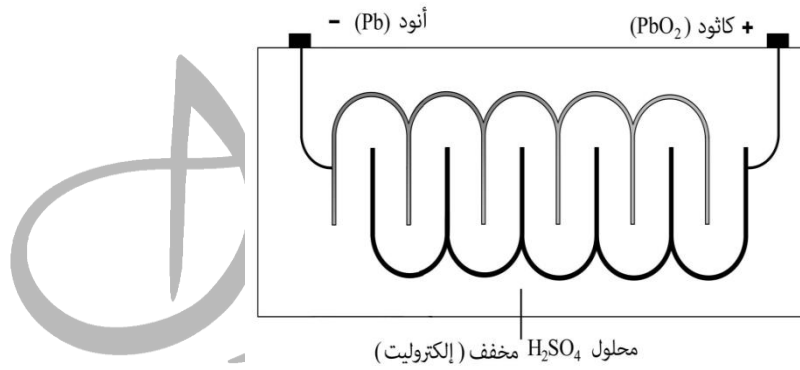
كيف يمكن إعادة شحن الخلايا الثانوية ؟
بإمرار تيار كهربائي من مصدر خارجي بين قطبيها في اتجاه عكس عملية تفريغها.

وسوف نعرض نموذجين للخلايا الثانوية :

① بطارية الرصاص الحامضية Lead – Acid battery

② بطارية أيون الليثيوم Lithium ion battery

① بطارية الرصاص الحامضية (بطارية السيارات) : Lead – Acid battery



تعرف بطارية الرصاص الحامضية باسم بطارية السيارات ... **علل ؟**
لأنه تم تطوير هذا النوع من البطاريات وأصبح أنسب أنواع البطاريات المستخدمة في السيارات.

المكونات :

(١) **أنود (مصعد) :** شبكة من الرصاص مملوءة برصاص إسفنجي (Pb)

(٢) **مهبط (كاثود) :** شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص (PbO₂)

(٣) **إلكتروليت :** من محلول حمض الكبريتيك المخفف (H₂SO₄)

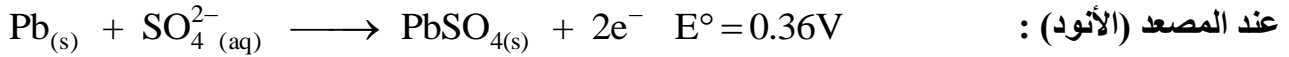
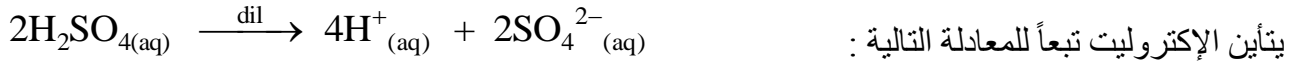
* تفصل ألواح الأنود والكاثود بصفائح عازلة.

– توضع المكونات في وعاء مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين) ... **علل ؟**

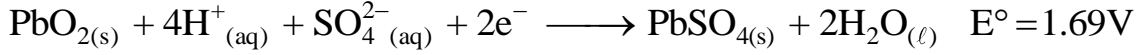
لأنه لا يتأثر بالأحماض.

– تعمل البطارية كخلية جلفانية أثناء تشغيلها (تفريغها) واستهلاك طاقتها ، وتعمل كخلية إلكتروليتية عند إعادة شحنها.

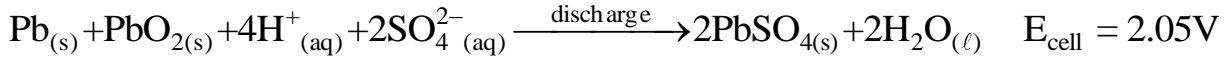
(أ) تفاعلات التفريغ Discharge :



عند المهبط (الكاثود) :



التفاعل الكلي : تعمل الخلية هنا كخلية جلفانية وعند التفريغ تكون معادلة التفاعل الكلي للبطارية :



$$E_{\text{cell}} = 0.36 + 1.69 = 2.05\text{V}$$

$$\text{emf} = 6 \times 2.05 = 12.3 \approx 12\text{V}$$

س : كيف يمكنك التعرف على أن البطارية مشحونة أو غير مشحونة ؟

يتم التعرف على حالة البطارية بقياس كثافة محلول الحمض بواسطة الهيدروميتر (مقياس كثافة السوائل) ، حينما تكون البطارية كاملة الشحن تكون كثافة الحمض فيها تساوي $1.28 : 1.3 \text{ g/cm}^3$ وإذا قلت كثافة الحمض إلى أقل من 1.2 g/cm^3 فهذا يعني حاجة البطارية إلى إعادة الشحن وزيادة تركيز الحمض.

(ب) تفاعل الشحن charging :

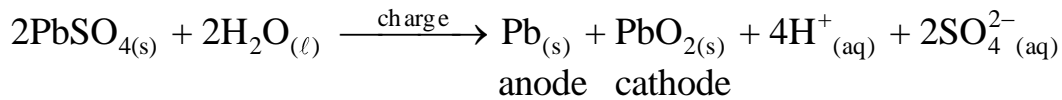
استخدام البطارية لمدة طويلة يؤدي إلى نقص كمية التيار الكهربائي الناتج منها وحاجتها إلى إعادة شحنها ...

علل ؟ لخفض تركيز حمض الكبريتيك بسبب زيادة كمية الماء الناتج عن عملية التفريغ وتحول مواد الكاثود

(PbO₂) والأنود (Pb) إلى كبريتات رصاص II (PbSO₄)

س : كيف تتم عملية شحن بطارية السيارة ؟

يتم ذلك بتوصيل قطبي البطارية بمصدر للتيار الكهربائي المستمر له جهد أكبر قليلاً من الجهد الذي ينتج من البطارية مما يؤدي إلى حدوث تفاعل عكس التفاعل التلقائي الذي حدث أثناء تفريغ الشحنة ويؤدي هذا إلى تحول كبريتات الرصاص II إلى رصاص عند المصعد (الأنود) وثاني أكسيد الرصاص عند المهبط (الكاثود) ، كما يعيد تركيز الحمض إلى ما كان عليه.

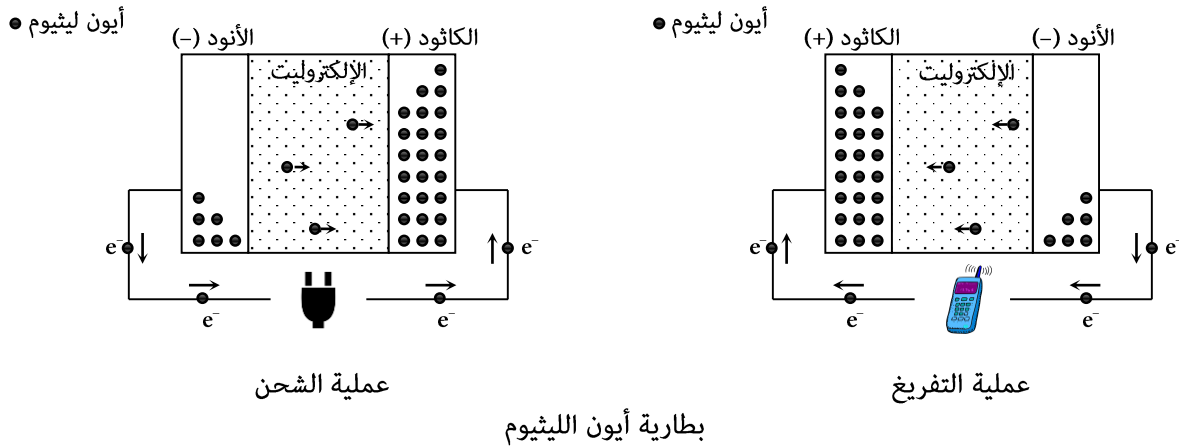


* تعتبر الخلايا الثانوية (المراكم) بطارية لتخزين الطاقة ... علل ؟

لأن البطارية تعمل أثناء الشحن كخلية إلكتروليتيّة، حيث يتم فيها إحداث تفاعل كيميائي غير تلقائي بواسطة مرور تيار كهربائي، وهذا يعني تخزين الطاقة الكهربائية الواردة من المصدر الخارجي في شكل طاقة كيميائية.

* للدينامو أهمية في السيارات ... علل ؟ لاستخدامه بصورة مستمر في إعادة شحن البطارية أول بأول.

(٣) بطارية أيون الليثيوم : Lithium ion battery



تعتبر بطارية أيون الليثيوم الجافة من الخلايا الثانوية ... **علل**؟ لأنه يمكن إعادة شحنها

الاستخدام :

(١) أجهزة التليفون المحمول.

(٢) أجهزة الكمبيوتر المحمول.

(٣) في بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية مركب الرصاص ... **علل** ؟

لخفة وزنها وقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة لحجمها.

التركيب :

* استخدام الليثيوم في تركيب بطارية أيون الليثيوم ... **علل** ؟

لسببين أساسيين هما : ① الليثيوم أخف فلز معروف.

② جهد اختزاله القياسي هو الأصغر بالنسبة لباقي الفلزات الأخرى ($-3.04V$)

* يحتوي الغلاف المعدني للبطارية على ثلاثة رقائق ملفوفة بشكل حلزوني وهي :

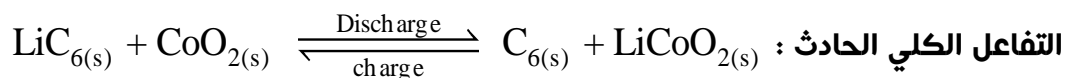
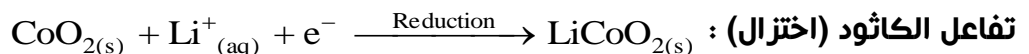
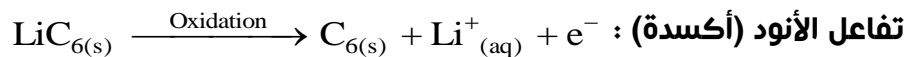
① الإلكترود الموجب (الكاثود) : ويتكون من أكسيد الليثيوم كوبلت ($LiCoO_2$)

② الإلكترود السالب (الأنود) : ويتكون من جرافيت الليثيوم (LiC_6)

③ العازل : وهو مكون من شريحة رقيقة جداً من البلاستيك تعمل على عزل الإلكترود الموجب عن الإلكترود السالب، بينما تسمح الأيونات بالمرور من خلاله.

تغمر الرقائق الثلاثة في إلكتروليت لا مائي من سداسي فلوروفوسفيد الليثيوم ($LiPF_6$)

تحدث التفاعلات التالية عند تشغيل البطارية :



القوة الدافعة الكهربائية للخلية : $E_{\text{cell}} = 3V$

تآكل المعادن

الاهتمام بظاهرة تآكل المعادن ومحاولة التغلب عليها ... علل ؟

لأن تآكل المعادن تسبب في خسائر اقتصادية فادحة أدت إلى تدهور المنشآت المعدنية وخاصة الحديدية منها حيث يقدر الحديد المفقود نتيجة للتآكل بحوالي ربع إنتاج العالم منه سنوياً.

الصدأ

عملية تآكل كيميائي للفلزات بفعل الوسط المحيط.

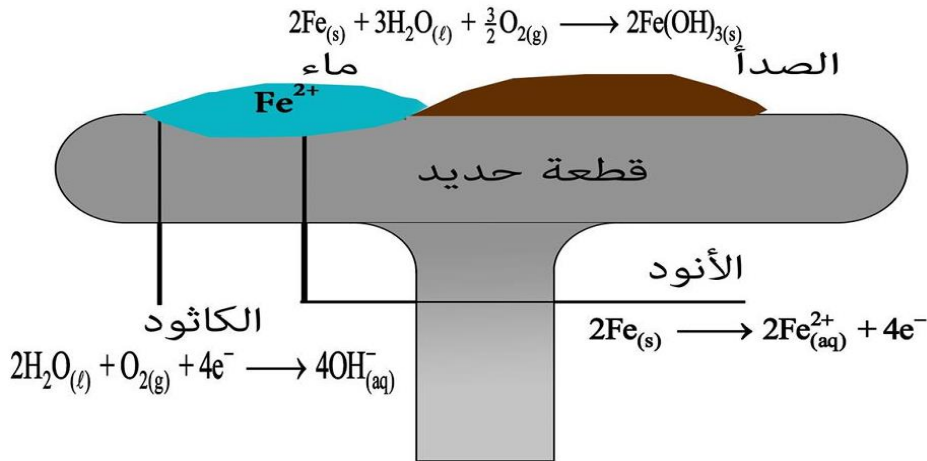
ميكانيكية التآكل :

✧ في معظم الحالات يكون تآكل الفلزات النقية صعباً ، حتى الحديد لا يصدأ بسهولة إذا كان نقياً جداً. ويأتي السؤال هنا ..

س : ما هو سبب تآكل المعادن وخاصة الصلب ؟

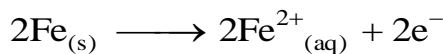
معظم المعادن الصناعية تحتوي دائماً على شوائب مختلفة تنشط عملية التآكل أي أن ملامسة فلز أقل نشاطاً لفلز أكثر نشاطاً تسبب زيادة تآكل الفلز الأنشط في هذا الوسط وعلى ذلك يمكن أن نستنتج أن تآكل الفلزات يحدث عن طريق تكون خلايا جلفانية يكون أنودها الفلز المتآكل أما الكاثود فيكون الفلز الأقل نشاطاً أو الكربون الموجود في صورة شوائب في الصلب.

تفسير ميكانيكية تآكل الحديد والصلب :



✧ عند تعرض قطعة حديد للتشقق أو الكسر فإنها تكون خلية جلفانية مع الماء المذاب فيه بعض الأيونات والذي يقوم بدور المحلول الإلكتروليتي ويكون الأنود هو قطعة الحديد.

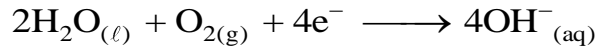
✧ يتأكسد الحديد إلى أيونات الحديد II في المحلول تبعاً للمعادلة :



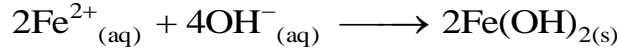
✧ تصبح أيونات (Fe^{2+}) جزء من المحلول الإلكتروليتي.

✳ تنتقل الإلكترونات خلال قطعة الحديد (الأنود) إلى الكاثود (شوائب الكربون الموجودة في الحديد) "لاحظ أن قطعة الحديد تقود بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية".

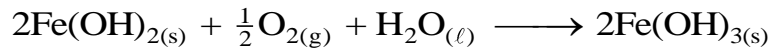
✳ يتم عند الكاثود اختزال أكسجين الهواء إلى مجموعة الهيدروكسيد (OH^-)



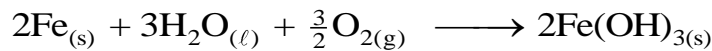
✳ تتحد أيونات الحديد (Fe^{2+}) مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-) مكونة هيدروكسيد حديد II



✳ يتأكسد هيدروكسيد الحديد II بواسطة الأكسجين الذائب في الماء إلى هيدروكسيد حديد III

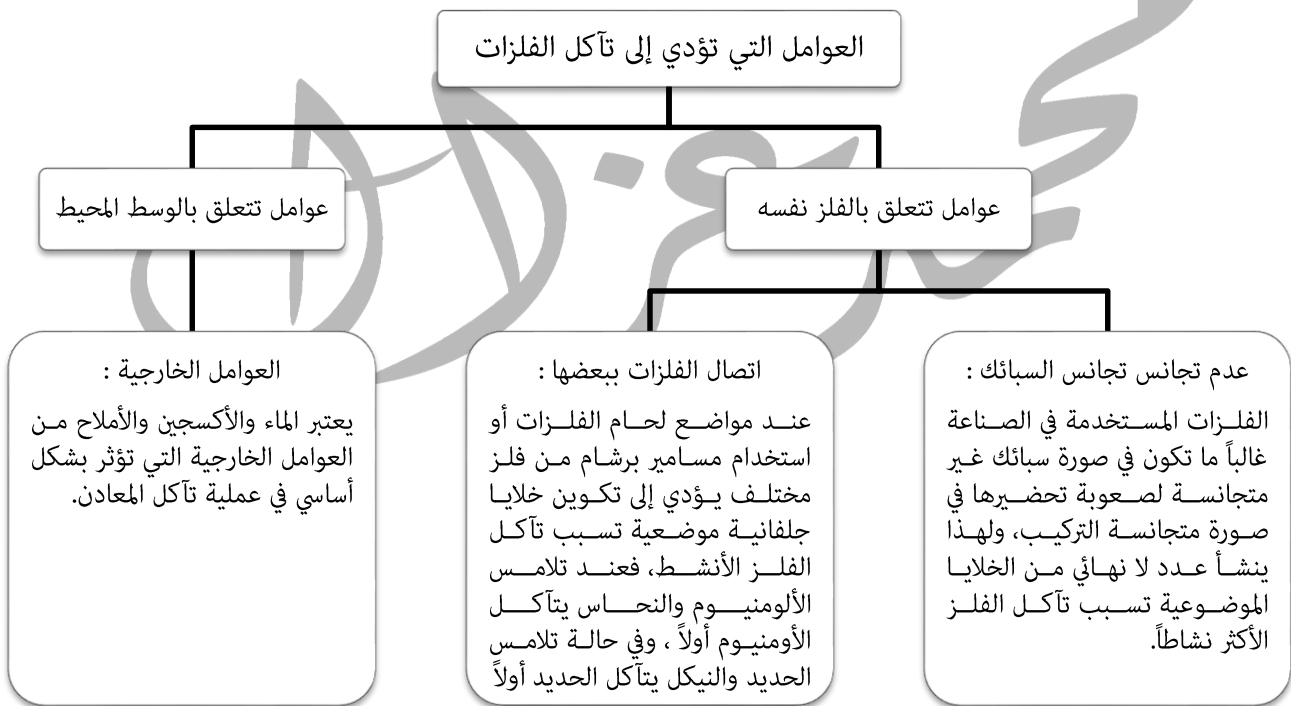


✳ بجمع المعادلات السابقة تنتج المعادلة الكلية لتفاعل تآكل الحديد.



الصدأ عملية بطيئة ... علل ؟ لأن الماء يحتوي على كميات محدودة من الأيونات.

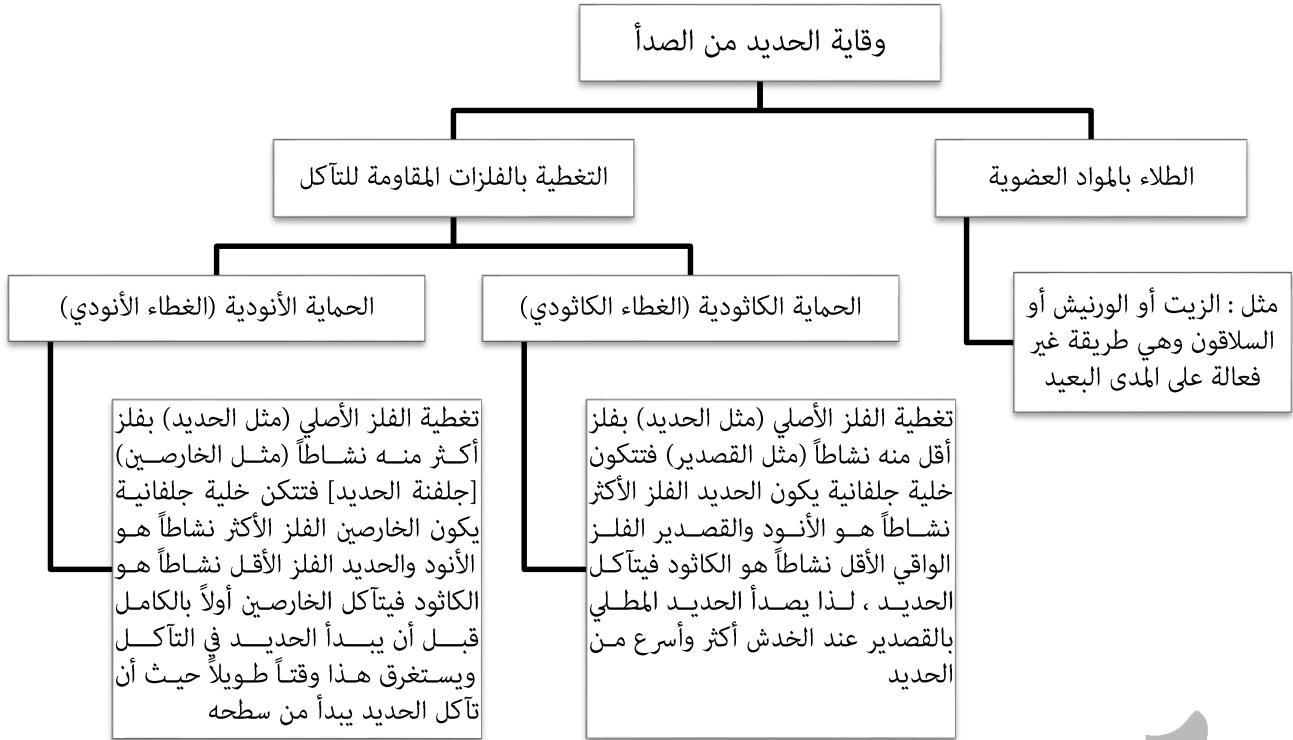
يصدأ الحديد بسرعة أكبر في مياه البحر ... علل ؟ لاحتواء مياه البحر على كميات أكبر من الأيونات.



وقاية الحديد من الصدأ :

يعد الحفاظ على الفلزات وحمايتها من الصدأ وبالأخص الحديد من أساسيات حماية الاقتصاد العالمي. وفيما يلي بعض طرق حماية الحديد من الصدأ بتغطيته بمادة أخرى لعزله عن الوسط المحيط به، ويتم ذلك بإحدى وسيلتين هما :

وقاية الحديد من الصدأ

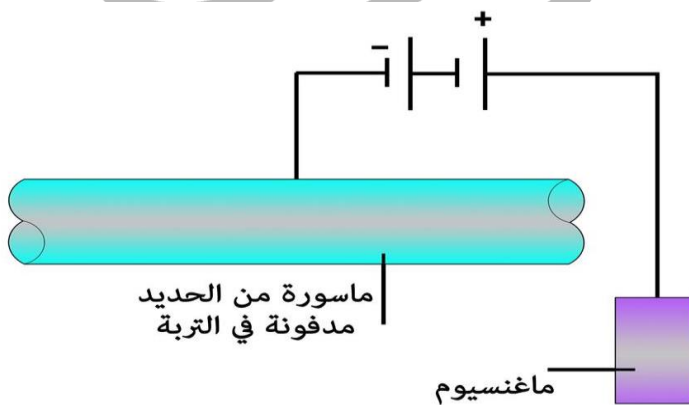


القطب المضحي

هو فلز نشيط كيميائياً يوصل بفلز آخر أقل منه نشاطاً لحماية الفلز الآخر من الصدأ والتآكل.



مثال :

② مواسير الحديد المدفونة في التربة الرطبة.



① هياكل السفن المتصلة دائماً بالماء المالح. تكون أكثر عرضة للتآكل، ولحمايتها يتم جعلها كاثوداً وذلك بتوصيلها بالقطب السالب لمصدر كهربائي ويتم توصيل القطب الموجب بفلز آخر أكثر نشاطاً من الحديد وليكن الماغنسيوم ليعمل كأنود فيتآكل أولاً بدلاً من الحديد لذا يسمى الماغنسيوم بالقطب المضحي.

تقويم الدرس الأول : الخلايا الجلفانية

العلامة  تدل على كتاب المدرسة
العلامة  تدل على دليل التقويم


١ اكتب المصطلح العلمي أو الاسم الدال على كل عبارة من العبارات التالية :

(١) العلم المختص بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

(٢) التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي.


(٣) أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية نتيجة تفاعلات (أكسدة واختزال) غير تلقائية. (مصر ثان ٠٥)

* خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي

(٤)  أنظمة تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية من خلال تفاعلات أكسدة واختزال وتحدث بشكل تلقائي. (مصر ثان ١٣ ، مصر أول - ق - ١٥ ، مصر أول - ح - ١٥)

(٥) القطب القياسي الذي جهده يساوي صفر.

(٦) القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة في الخلايا الكهروكيميائية. (مصر أول ١٠ ، مصر أول ١٣)

(٧)  القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة في الخلايا الجلفانية.

(٨) أنبوبة زجاجية على شكل حرف (U) مقلوب مملوءة بمحلول إلكتروليتي تعمل على توصيل محلولي نصفي الخلية بطريقة غير مباشرة.

(٩) القطب الذي جهده يساوي Zero (مصر ثان ٠٨)

(١٠) فرق الجهد بين الهيدروجين وأيوناته في محلول مولاري من أيوناته.

(١١) ترتيب العناصر تنازلياً حسب جهود اختزالها السالبة وتصاعدياً حسب جهود اختزالها الموجبة.

(السودان ١٣ ، مصر ثان - ح - ١٤ ، السودان أول - ح - ١٥)

* ترتيب تنازلي لجهود التأكسد القياسية للعناصر بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي. (مصر ثان ٠٣)


* ترتيب الجهود القياسية للعناصر ترتيباً تنازلياً بالنسبة لجهود الاختزال السالبة وتصاعدياً بالنسبة لجهود الاختزال الموجبة بحيث يكون أكبر القيم السالبة في أعلى المتسلسلة وأكبر القيم الموجبة في أسفلها.

(١٢) الصورة التي تكون فيها الفلزات على هيئة أيونات وتكون اللافلزات في صورتها العنصرية.

(١٣) مجموع جهدي الأكسدة والاختزال لنصفي خلية جلفانية.

(١٤) أنظمة تختزن الطاقة في صورة كيميائية والتي يمكن تحويلها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل أكسدة واختزال غير انعكاسي (السودان أول ٠٧)

(١٥) خلايا جلفانية تتميز بأن تفاعلاتها الكيميائية تفاعلات انعكاسية وتختزن الطاقة الكهربائية على هيئة طاقة كيميائية. (مصر ثان ٠٦)

(١٦)  خلية صغيرة الحجم شائعة الاستخدام في سماعات الأذن والساعات.

(١٧) خلية جلفانية لا تستهلك، وتزود بالوقود من مصدر خارجي.

* خلية جلفانية لا تختزن الطاقة.

(١٨) عملية يحدث فيها تفاعلات أكسدة واختزال غير مرغوب فيها.

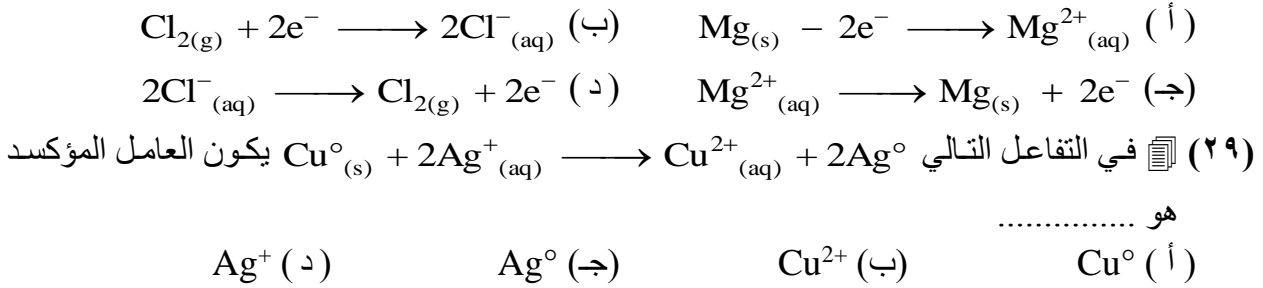
- * عملية تآكل كيميائي للفلزات بفعل الوسط المحيط.
- (١٩) تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ، بفلز آخر أقل نشاطاً منه.
- (٢٠) الفلز المستخدم في طلاء الحديد المستخدم في صناعة معلبات المأكولات.
- (٢١) تغطية الفلز المراد حمايته من الصدأ، بفلز آخر أقل نشاطاً منه.
- (٢٢) الفلز المستخدم في جلفنة الحديد.
- (٢٣) الأنود الذي يتآكل بدلاً من مواسير الحديد المدفونة في التربة الرطبة.

٢ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاه :

- (١) في الخلية الجلفانية يكون الأنود هو القطب
 (أ) السالب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة (ب) السالب الذي تحدث عنده عملية الاختزال
 (ج) الموجب الذي تحدث عنده عملية الاختزال (د) الموجب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة
- (٢) في الخلية الجلفانية يكون الكاثود هو القطب
 (أ) الموجب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة (ب) الموجب الذي تحدث عنده عملية الاختزال
 (ج) السالب الذي تحدث عنده عملية الاختزال (د) السالب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة
- (٣) في الخلية الإلكتروليتية يكون الأنود هو القطب
 (أ) الموجب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة (ب) الموجب الذي تحدث عنده عملية الاختزال
 (ج) السالب الذي تحدث عنده عملية الاختزال (د) السالب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة
- (٤) في الخلية الجلفانية يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة
 (أ) حركية (ب) مغناطيسية (ج) حرارية (د) كهربية
- (٥) الأنظمة التي يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية نتيجة لحدوث تفاعلات أكسدة واختزال بشكل تلقائي هي خلايا
 (أ) إلكتروليتية (ب) جلفانية (ج) إلكترونية (د) شمسية
- (٦) في الخلية الجلفانية يمكن الحصول على تيار كهربائي نتيجة حدوث تفاعل
 (أ) أكسدة فقط (ب) اختزال فقط
 (ج) أكسدة واختزال تلقائي (د) أكسدة واختزال غير تلقائي
- (٧) الرمز الاصطلاحي لخلية جلفانية مكونة من فلزي النحاس والخرصين كل منهما مغمور في محلول أحد أملاحه ويوصل بين المحلولين قنطرة ملحية هو
 $Zn^{\circ}/Zn^{2+} // Cu^{2+}/Cu^{\circ}$ (أ) $Zn^{2+}/Zn^{\circ} // Cu^{2+}/Cu^{\circ}$ (ب)
 $Cu^{\circ}/Cu^{2+} // Zn^{\circ}/Zn^{2+}$ (د) $Cu^{2+}/Cu^{\circ} // Zn^{2+}/Zn^{\circ}$ (ج)
- (٨) يتم قياس جهود الأقطاب باستخدام
 (أ) خلية دانيال (ب) قطب الهيدروجين القياسي
 (ج) قطب الفضة القياسي (د) قطب الأكسجين القياسي
- (٩) جهد قطب الهيدروجين القياسي يساوي V
 (أ) 1 (ب) -1 (ج) Zero (د) 0.1
- * جهد قطب الهيدروجين القياسي له قيمة
 (أ) موجبة (ب) سالبة (ج) Zero (د) موجبة وسالبة
- (١٠) تزداد قدرة العنصر المتقدم في السلسلة على طرد العنصر الذي يليه من محلول أحد أملاحه كلما

- (أ) زاد الفرق بين جهدي تأكسد العنصرين (ب) زاد الفرق بين جهدي اختزال العنصرين
(ج) زاد البعد في الترتيب بين العنصرين (د) جميع ما سبق
- (١١) إذا كان جهد الاختزال القياسي للصوديوم هو 2.71 V – فإن عنصر الصوديوم
(أ) يحل محل هيدروجين الماء (ب) يحل محل هيدروجين الأحماض
(ج) جهد تأكسده 2.71 V (د) جميع ما سبق
- (١٢) تقوم القنطرة الملحية في خلية دانيال بـ
(أ) التوصيل بين محلولي نصفي الخلية (ب) معادلة الشحنات الموجبة والسالبة
(ج) عدم الاتصال المباشر بين المحلولين (د) جميع ما سبق
- (١٣) إذا حدث تفاعل أكسدة – اختزال باستخدام تيار كهربائي خارجي تسمى العملية
(أ) تعادل (ب) تحليل كهربائي (ج) أسترة (د) تميؤ
- (١٤) من فوائد القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية
(أ) تسمح بانتقال الأيونات (ب) تسمح بمرور الإلكترونات
(ج) تمنع انتقال الأيونات (د) تمنع مرور الإلكترونات
- (١٥) يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال عن طريق
(أ) اكتساب إلكترونات فقط (ب) فقد إلكترونات فقط
(ج) فقد واكتساب إلكترونات (د) عدم فقد أو اكتساب إلكترونات
- (١٦) القطب الذي يحدث عنده عملية أكسدة في الخلايا الإلكتروليتية هو القطب
(أ) السالب (ب) الأنود (ج) الكاثود (د) (أ) ، (ج) معاً
- (١٧) القطب الذي يحدث عنده عملية الاختزال في الخلايا الجلفانية هو القطب
(أ) السالب (ب) الأنود (ج) الكاثود (د) (أ) ، (ب) معاً
- (١٨) إذا كانت قيمة جهود الاختزال القياسية لكل من الخارصين والنيكل هي -0.76 V ، -0.32 V –
على الترتيب فإن ق.د.ك للخلية هي V
(أ) 0.99 (ب) -0.53 (ج) 0.76 (د) 0.53
- (١٩) بطارية أيون الليثيوم من الخلايا
(أ) الإلكتروليتية (ب) الجلفانية الثانوية (ج) الجلفانية الأولية (د) غير انعكاسية
- (٢٠) الخلايا الأولية عبارة عن خلايا
(أ) جلفانية تلقائية غير انعكاسية (ب) تحليلية غير انعكاسية
(ج) جلفانية تلقائية إنعكاسية (د) تحليلية يسهل شحنها
- (٢١) الخلايا الثانوية عبارة عن خلايا
(أ) إنعكاسية. (ب) شمسية. (ج) تحليلية. (د) غير انعكاسية.
- (٢٢) الكاثود الذي يحدث له عملية الاختزال في خلية الوقود هو
(أ) غاز الهيدروجين. (ب) غاز الأكسجين. (ج) حمض الكبريتيك. (د) هيدروكسيد البوتاسيوم.
- (٢٣) الخلايا التي تخزن الطاقة في صورة طاقة كيميائية ويمكن تحويلها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية
من خلال تفاعل أكسدة – اختزال تلقائي غير إنعكاسي
(أ) ثانوية (ب) أولية (ج) إلكتروليتية (د) وقود
- (٢٤) في بطارية أيون الليثيوم يتكون الكاثود من
(أ) جرافيت الليثيوم. (ب) أكسيد الليثيوم كوبلت. (ج) سداسي فلوروفوسفيد الليثيوم اللامائي. (د) الرصاص.

- (٢٥) يتكون القطب السالب (الأنود) في خلية الوقود من
 (أ) غاز الهيدروجين. (ب) غاز الأكسجين. (ج) حمض الكبريتيك. (د) هيدروكسيد البوتاسيوم.
 (٢٦) الإلكتروليت في خلية الزئبق هو
 (أ) أكسيد الزئبق (ب) الجرافيت (ج) كبريتات النحاس (د) هيدروكسيد البوتاسيوم
 (٢٧) في مرمك الرصاص يتكون الأنود من شبكة من الرصاص مملوءة بـ
 (أ) أكسيد الزئبق. (ب) أكسيد الرصاص. (ج) رصاص أسفنجي. (د) ثاني أكسيد الرصاص.
 (٢٨) في التفاعل $Mg_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow MgCl_{2(s)}$ يكون نصف التفاعل الذي يمثل اختزال هو



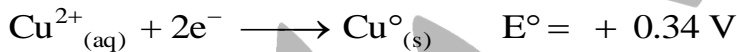
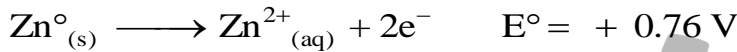
٣ علل لما يأتي :

- (١) الأنود هو القطب السالب في الخلية الجلفانية (مصر أول ٩٥، السودان أول ١٢)
- (٢) لا يحل النحاس محل هيدروجين الماء أو الأحماض المخففة بينما يحل الصوديوم محل هيدروجين الأحماض والماء (مصر أول ١٠)
- (٣) عناصر مقدمة سلسلة الجهود الكهربائية عوامل مختزلة قوية.
- (٤) الصورة المتأكسدة للعناصر التي تقع عند النهاية السفلى للسلسلة عوامل مؤكسدة قوية
- (٥) العناصر المتقدمة في المتسلسلة تحل محل العناصر التي تليها في محاليل أملاحها.
- (٦) توجد في صورة جافة وليست سائلة
- (٧) تسمى الخلايا الأولية بالبطاريات الجافة
- (٨) الخلايا الأولية خلايا غير إنعكاسية
- (٩) تستخدم خلية الزئبق في سماعات الأذن والساعات والآلات الخاصة بالتصوير
- (١٠) يلزم التخلص من خلية الزئبق بطريقة آمنة
- (١١) تتركب خلية الوقود من قطبين كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامي.
- (١٢) خلية الوقود لا تستهلك كباقي الخلايا الجلفانية
- (١٣) تلعب خلية الوقود دوراً بالغ الأهمية بالنسبة لمركبات الفضاء
- (١٤) تعرف بطارية الرصاص الحامضية باسم بطارية السيارات
- (١٥) توضع المكونات في وعاء مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين)
- (١٦) القوة الدافعة الكهربائية emf لبطارية السيارات تساوي 12V على الرغم من أن جهد الخلية Ecell لها تساوي 2V فقط.
- (١٧) للهيدروميتر أهمية في بطارية السيارات .
- (١٨) استخدام البطارية لمدة طويلة يؤدي إلى نقص كمية التيار الكهربائي الناتج منها وحاجتها إلى إعادة شحنها

- (١٩) تعتبر الخلايا الثانوية (المراكم) بطارية لتخزين الطاقة.
 (٢٠) للدینامو أهمية في السيارات.
 (٢١) تعتبر بطارية السيارة خلية انعكاسية.
 * تعتبر الخلايا الجلفانية خلايا انعكاسية.
 (٢٢) الخلية الجافة من الخلايا الجلفانية الأولية.
 (٢٣) يلزم التخلص من خلية الزئبق بعد استخدامها بطريقة آمنة.
 (٢٤) بطارية الرصاص حامضية.
 (٢٥) الجهد الكلي لبطارية السيارة 12V على الرغم من أن خلية الرصاص الحامضية المكونة لها جهدا 2V فقط.
 (٢٦) تعتبر بطارية أيون الليثيوم الجافة من الخلايا الثانوية.
 (٢٧) في بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية مركم الرصاص.
 (٢٨) الاهتمام بظاهرة تآكل المعادن ومحاولة التغلب عليها.

٤ مسائل متنوعة :

(١) إذن علمت أن :



احسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية (emf) للخلية الجلفانية الكونة منهما، مع بيان الرمز الاصطلاحي للخلية.

(السودان أول ١٣)

(1.1 V)

(٢) A ، B عنصران جهد تأكسدهما 0.3 V ، - 0.7 V على الترتيب وكل منهما ثنائي التكافؤ

(أ) ما هو الرمز الاصطلاحي للخلية التي يمكن أن تتكون منهما ؟

(ب) احسب القوة الدافعة الكهربائية لهذه الخلية وهل يصدر عنها تيار كهربى أم لا ؟ ولماذا ؟

(مصر أول ٠٩)

(1 V)

(٣) A ، B عنصران جهد تأكسدهما 0.4 V ، - 0.6 V على الترتيب وكل منهما ثنائي التكافؤ

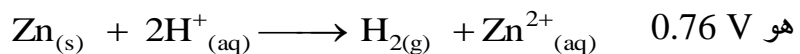
(أ) ما هو الرمز الاصطلاحي للخلية التي يمكن أن تتكون منهما ؟

(ب) احسب القوة الدافعة الكهربائية لهذه الخلية وهل يصدر عنها تيار كهربى أم لا ؟ ولماذا ؟

(مصر أول ٠٠)

(1 V)

(٤) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية الآتية موضحاً العامل المؤكسد علماً بأن جهد تأكسد الخارصين



(مصر أول ٠٥)

(٥) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية الآتية مبيناً العامل المؤكسد والعامل المختزل وقيمة القوة الدافعة الكهربائية للخلية

$$\text{H}_{2(g)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{H}^{+}_{(aq)} + \text{Cu}_{(s)}$$

علماً بأن جهد تأكسد النحاس = -0.34 V (مصر أول ٠٢)

(0.34 V)

(٦) اكتب الرمز الاصطلاحي لخلية جلفانية مكونة من قطب Sn^{2+}/Sn وقطب Ag^{+}/Ag ثم احسب ق.د.ك لها إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي لكل من القصدير والفضة على التوالي 0.14 V ، 0.8 V

(0.94 V)

(٧) خلية جلفانية تتكون من قطب نحاس وآخر فضة فإذا علمت أن جهود الاختزال القياسية للقطبين هي 0.34 V ، 0.8 V على الترتيب، اجب عن الأسئلة التالية :

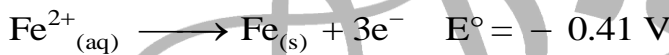
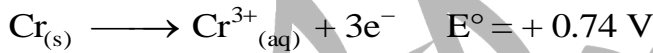
(أ) اكتب معادلات التفاعل التلقائي عند كل من الأنود والكاثود. (مصر ثان ٠٥)

(ب) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية المتكونة. (مصر ثان ٠٥)

(ج) احسب e.m.f لهذه الخلية. (مصر ثان ٠٥)

(0.46 V)

(٨) احسب القوة الدافعة الكهربائية للخلية الجلفانية التالية :



واكتب الرمز الاصطلاحي لها.




(0.33 V)

٥ اذكر أهمية (مميزات) كل مما يلي :

- (١) قطب الهيدروجين القياسي (مصر ثان ٠٧ ، مصر ثان ٠٩ ، مصر ثان ١٢)
- (٢) القنطرة الملحية (الحاجز المسامي) في الخلية الجلفانية (مصر ثان ٩٧ ، السودان أول ٠٦ ، السودان أول ٠٨)
- (٣) الخلايا الجلفانية.
- (٤) الطبقة الاسفنجية من البلاتين الأسود التي تغطي صفيحة البلاتين في قطب الهيدروجين القياسي
- (٥) سلسلة الجهود الكهربائية.
- (٦) الخلايا الأولية الجافة.
- (٧) خلية الزئبق الجافة.
- (٨) الخلايا الثانوية.
- (٩) مركم الرصاص. (مصر أول ٩٨)
- (١٠) الخارصين في خلية الزئبق.
- * غاز الهيدروجين في خلية الوقود.
- * الرصاص الاسفنجي في مركم الرصاص.
- * جرافيت الليثيوم في بطارية أيون الليثيوم.

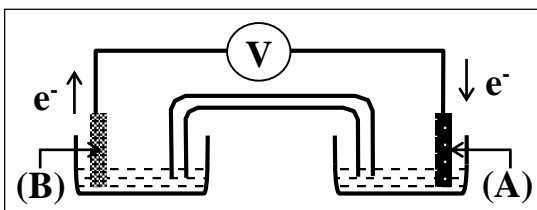
- (١١) أكسيد الزئبق في خلية الزئبق.
- * غاز الأكسجين في خلية الوقود.
- * ثاني أكسيد الرصاص في مركب الرصاص.
- * أكسيد الليثيوم كوبلت في بطارية أيون الليثيوم.
- (١٢) هيدروكسيد البوتاسيوم في خلية الزئبق
- * هيدروكسيد البوتاسيوم المائي في خلية الوقود.
- * حمض الكبريتيك المخفف في بطارية الرصاص الحامضية.
- * محلول سداسي فلوروفوسفيد الليثيوم اللامائي في بطارية أيون الليثيوم.
- (١٣) العازل الداخلي في بطارية أيون الليثيوم.
- (١٤) بطارية أيون الليثيوم.
- (١٥) الدينامو في السيارة.
- (١٦) شحن بطارية السيارة.
- (١٧) الهيدروميتر.
- (١٨) خلية الوقود بالنسبة لمركبات الفضاء.
- (١٩) القطب المضحي.

٦ قارن بين كلاً من :

- (١) تفاعلات الأكسدة وتفاعلات الاختزال
- (٢)  المهبط (الكاثود) ، والمصعد (الأنود) في الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية (السودان أول ٠٨)
- (٣) الخلية الجافة و خلية الزئبق من حيث التفاعل الكلي التلقائي لكل منهما (مصر ثان ٠٧)
- (٤) بطارية السيارة والبطارية الجافة من حيث:
- (أ) المادة المصنوع منها الأنود في كل منهما.
- (ب) التفاعل الكلي الحادث.
- (٥)  خلية الزئبق وبطارية النيكل كادميوم من حيث القطب الموجب في كل منهما – القطب السالب – التفاعل الكلي الحادث في كل منهما.
- (٦)  مركب الرصاص والخلية الجافة من حيث القطب الموجب في كل منهما – القطب السالب في كل منهما – التفاعل الكلي الحادث في كل منهما. (السودان أول ٠٦)
- (٧) قارن بين الخلايا الأولية والخلايا الثانوية مع ذكر مثال لكل منهما. (السودان أول ١٢ ، مصر أول ١٤)
- (٨) خلية الوقود وبطارية أيون الليثيوم.
- (٩) الغطاء الأنودي والغطاء الكاثودي.

٦ أسئلة متنوعة :

(مصر أول ٠٧)



(١) انظر إلى الشكل المقابل ثم أجب عن الأسئلة التالية:

ما اسم الخلية الكهربائية الموضحة بالشكل؟

ما نوع تفاعل (الأكسدة – اختزال) بالخلية تلقائي أو

غير تلقائي؟

أي القطبين (A) أو (B) هو الأعلى جهد أكسدة؟

ولماذا؟

هل تعتبر هذه الخلية من الخلايا الأولية أم الخلايا الثانوية؟ ولماذا؟

(٢) في أي حالة يمكن استخدام تفاعل الأكسدة – اختزال لانتاج تيار كهربائي؟

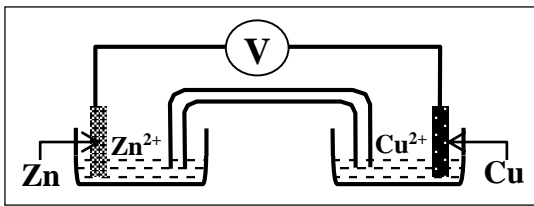
(٣) ما هي مكونات الخلية الجلفانية وما هو دور كل مكون في عمل الخلية؟

(٤) انقل الرمز الاصطلاحي التالي في ورقة الإجابة ثم اجب عن الأسئلة التي تليه :

 $M/M^{2+} // 2H^+/H_2.Pt$ حيث أن (M يرمز إلى عنصر فلزي)

(أ) إلى ماذا يشير هذا الرمز الاصطلاحي؟

(ب) ما هو العامل المؤكسد وما هو العامل المختزل؟

(ج) وإذا كان جهد هذه الخلية هو $0.76 V$ فما هو جهد تأكسد العنصر M؟(٥) الشكل التالي يوضح خلية جلفانية تعطي $1.1 V$

(أ) انقل الرسم في ورقة إجابتك ثم حدد اتجاه سريان التيار الكهربائي.

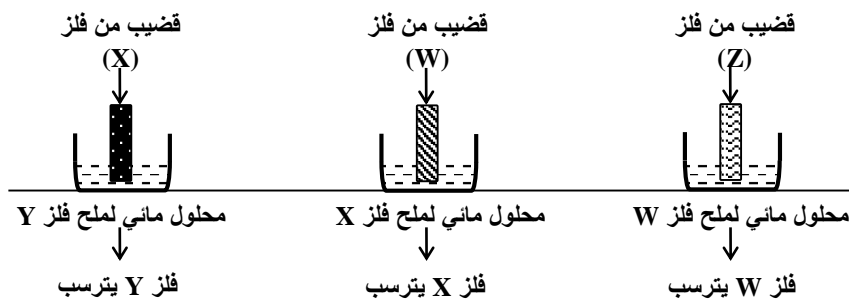
(ب) إذا استبدل الخارصين بفلز الماغنسيوم ماذا نتوقع للقوة الدافعة الكهربائية للخلية تزيد أم تنقص؟ علماً

بأن الخارصين أعلى في جهد الاختزال

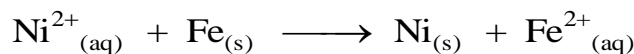
(ج) ما هي الأسباب التي يمكن أن تؤدي إلى توقف هذه الخلية عن انتاج التيار الكهربائي؟

(٦) وضح ماذا يحدث عند وضع قطعة من الخارصين في محلول كبريتات النحاس لفترة طويلة مع كتابة معادلة التفاعل. (مصر ثان ٠٢)

(٧) في الشكل ثلاثة كؤوس زجاجية : ما هو الفلز الأكثر نشاطاً وما هو الفلز الأقل نشاطاً ، رتب هذه الفلزات من الأنشط إلى الأقل نشاطاً



(٨) اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية التي يحدث بها التفاعل التالي :



ثم بين : (أ) الكاثود والأنود (المهبط والمصعد)

(ب) اتجاه سريان التيار الكهربائي

- (٩) بطارية مركم الرصاص الحامضية تتكون من ألواح شبكية من الرصاص (مملوءة بالتبادل برصاص اسفنجي وثاني أكسيد الرصاص) مغمورة في حمض الكبريتيك
 (أ) ارسم شكل تخطيطي يمثل الخلية موضحاً القطب الموجب والقطب السالب (مصر أول ١٤)
 (ب) ماذا نعني بعملية التفريغ؟ اكتب التفاعل الحادث عند التفريغ (مصر أول ٠٠، مصر أول ١٤)

(١٠) اشرح كيف تتم عملية إعادة شحن بطارية السيارة (مركم الرصاص) مع كتابة المعادلة (مصر ثان ٠٠)

(١١) وضح التفاعلات التي تحدث داخل كلاً من :

- (أ) خلية الزئبق (مصر ثان ٠٧) (ب) خلية الوقود.
 (ج) مركم الرصاص (شحن وتفرغ). (د) بطارية أيون الليثيوم (شحن وتفرغ).

(١٢) ماذا يحدث عند غياب القنطرة الملحية؟

(١٣) ماهي فكرة عمل قطب الهيدروجين القياسي؟

(١٤) اتفق العلماء على استخدام قطب الهيدروجين القياسي كقطب قياسي يمكن أن تقاس به جهود الأقطاب الأخرى :

- (أ) وضح مع الرسم وكتابة البيانات مكونات قطب الهيدروجين القياسي.
 (مصر ثان - ح - ١٤، السودان أول - ح - ١٤)
 (ب) اكتب الرمز الاصطلاحي لنصف خلية الهيدروجين القياسية.
 (مصر ثان - ح - ١٤، مصر ثان ١٠)
 (ج) فيم يستخدم قطب الهيدروجين القياسي.
 (د) ما هي فكرة عمل قطب الهيدروجين القياسي.
 (هـ) متى تساوي قيمة قطب الهيدروجين القياسي Zero ؟
 (و) متى لا تساوي قيمة قطب الهيدروجين القياسي Zero ؟

(١٥) ما هي مميزات وعيوب كل من :

- (أ) الخلايا الأولية. (ب) خلية الزئبق. (ج) خلية الوقود.

(١٦) متى تتوقف الخلايا الأولية عن العمل ؟

(١٧) مما تتكون خلية الوقود الهيدروجيني، موضحاً ذلك برسم كامل البيانات؟

(١٨) ما هو سبب تآكل المعادن وخاصة الصلب؟

ثانياً الخلايا الالكتروليتيّة :

الخلايا الإلكترونية

خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي الحدوث

تركيب الخلية الإلكترونية :

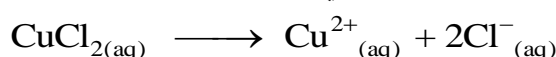
- (١) محلول إلكتروليتي (سواء كان محلول لأحد الأملاح أو القواعد أو الأحماض أو مصهور لأحد الأملاح)
(٢) قطبان من معدن واحد (مثل : الكربون أو البلاتين) أو كل منهما من مادة مختلفة (مثل : الكربون – البلاتين – النحاس – الخارصين) وتغمس في المحلول الإلكتروليتي.
(٣) مصدر تيار كهربى (بطارية) وتتكون من :
(أ) **الأنود:** هو القطب الذي يوصل بالقطب الموجب للبطارية ويحدث عنده تفاعلات الأكسدة (Oxidation)
(ب) **الكاثود:** هو القطب الذي يوصل بالقطب السالب للبطارية ويحدث عنده تفاعلات الاختزال (Reduction)

طريقة العمل :

- * عند توصيل القطبين بحيث يكون الجهد الواقع على الخلية يفوق قليلاً الجهد الانعكاسي يسري تيار كهربي في الخلية الإلكترووليتية.
- * تتجه الأيونات الموجبة (الكاتيونات) نحو القطب السالب (الكاثود) وتتعاذل شحنتها باكتساب إلكترونات وتحدث عملية اختزال.
- * تتجه الأيونات السالبة (الأنيونات) نحو القطب الموجب (الأنود) وتتعاذل شحنتها بفقد إلكترونات وتحدث عملية أكسدة.

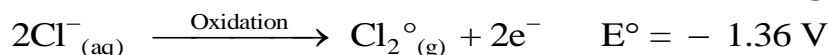
مثال: التحليل الكهربى لمحلول كلوريد النحاس (CuCl_2):

قبل مرور التيار الكهربى : يتأين كلوريد النحاس فى الماء تبعاً للمعادلة :

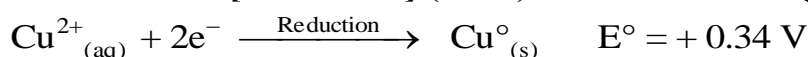


بعد مرور التيار الكهربى : تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لتتعاذل شحنتها وتحدث التفاعلات التالية :

① تفاعل أكسدة المصعد (الأنود) [القطب الموجب] :

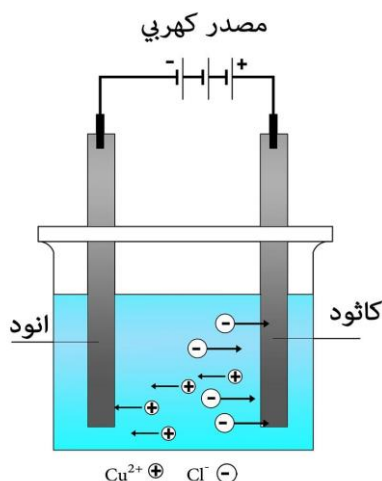
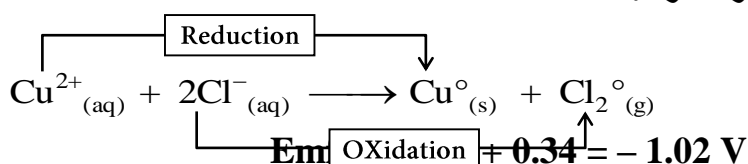


② تفاعل اختزال المهبط (الكاثود) [القطب السالب] :



③ التفاعل الكلى الحادث فى الخلية هو مجموع تفاعل الأنود

والكاثود :



الإشارة **السالبة** تعني أن التفاعل الكلي لا يتم تلقائياً ولكنه يتم في خلية جلفانية ولكنه يتم في خلية إلكتروليزية باستخدام طاقة كهربائية من مصدر خارجي (أي أنها خلية إلكتروليزية).

ملاحظات هامة :

* النتيجة النهائية هي ترسب النحاس على الكاثود وتساعد الكلور على الأنود.

* لا تختزل كاتيونات الهيدروجين (H^+) عند الكاثود ... **علل ؟**

لأن جهد اختزال كاتيونات النحاس (Cu^{2+}) أكبر منها.

* لا تتأكسد أنيونات الهيدروكسيل (OH^-) عند الأنود ... **علل ؟**

لأن جهد أكسدة أنيونات الكلوريد (Cl^-) أكبر منها.

* يقل تركيز محلول كبريتات النحاس لأن مكوناته تُستهلك أثناء التحليل الكهربائي.

تعريفات هامة جداً :

هو محلول مائي أو مصهور مركب يتفكك أيونياً إلى أيونات موجبة (كاتيونات) وأيونات سالبة (أنيونات) ويوصل التيار الكهربائي نتيجة لحركة الأيونات.	الإلكتروليز
هي جسيمات مادية متحركة في المحلول أو المصهور وفقيرة بالإلكترونات.	الأيونات الموجبة (الكاتيونات)
هي جسيمات مادية متحركة في المحلول أو المصهور وغنية بالإلكترونات.	الأيونات السالبة (الأنيونات)
عملية فقد الذرة أو الأيون للإلكترون أو أكثر ينتج عنها زيادة في الشحنة الموجبة أو نقص في الشحنة السالبة.	عملية الأكسدة
عملية اكتساب الذرة أو الأيون للإلكترون أو أكثر ينتج عنها زيادة في الشحنة السالبة أو نقص في الشحنة الموجبة.	عملية الاختزال

التحليل الكهربائي Electrolysis

هو التحلل الكيميائي للمحلول الإلكتروني بفعل مرور التيار الكهربائي به.

مقارنة بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكترونية (التحليلية)

الخلايا الإلكترونية (التحليلية)	الخلايا الجلفانية	
أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال بشكل غير تلقائي (أي تحتاج لمصدر خارجي)	أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي مستمر (أي بدون مصدر خارجي)	نظرية العمل
القطب الموجب الذي يحدث عنده أكسدة لاتصاله بموجب البطارية	القطب السالب الذي يحدث عنده أكسدة وذلك لحدوث الأكسدة عنده وفقد الإلكترونات	الأنود (المصعد)
القطب السالب الذي يحدث عنده اختزال	القطب الموجب الذي يحدث عنده اختزال	الكاثود (المهبط)

وذلك لحدوث الاختزال عنده واكتساب الإلكترونات.	لاتصاله بسالب البطارية.
مختلفة ويسمى كل نصف من أنصاف الخلية بالقطب الإنعكاسي.	مختلفة أو متشابهة.
بعضها قد يحتاج لقطرة ملحية.	لا تحتاج قطرة ملحية.
هي مصدر كهربائي.	تحتاج لمصدر كهربائي.

مقارنة بين الموصلات الإلكترونية والموصلات الإلكتروليتية :

الموصلات الإلكترونية	الموصلات الإلكتروليتية	
موصلات تعمل على نقل التيار الكهربائي من خلال حركة إلكتروناتها.	موصلات تعمل على نقل التيار الكهربائي من خلال حركة أيوناتها.	التعريف
مواد صلبة.	مواد سائلة.	الحالة الفيزيائية
لا يصحبه انتقال المادة.	يصحبه انتقال المادة.	انتقال المادة
① فلزات صلبة. ② سبائك.	① مصاهير الأملاح. ② محاليل الأملاح والأحماض والقلويات.	أمثلة

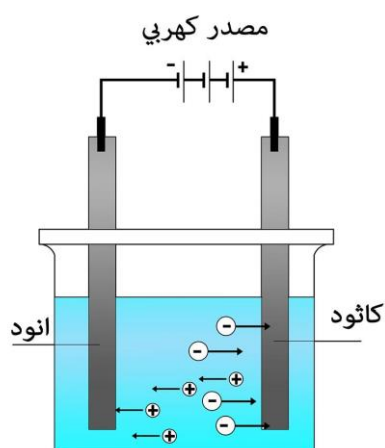
قوانين فاراداي للتحليل الكهربائي :

القانون الأول لفاراداي

تتناسب كمية المواد المتكونة أو المستهلكة عند أي قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء المارة في المحلول الإلكتروليتي.

تحقيق القانون الأول لفاراداي :

الخطوات :



(١) كون الخلية التحليلية الموضحة بالشكل المقابل.

(٢) مرر في المحلول الإلكتروليتي كميات مختلفة من الكهرباء والتي يمكن حسابها من العلاقة :

$$\text{كمية الكهرباء (Coulomb)} =$$

شدة التيار (Ampere) \times الزمن (Second)

(٣) سجل كتل المواد المتكونة على الكاثود لكل كمية كهربائية

(٤) قارن بين كتل المواد المتكونة على الكاثود بكميات الكهرباء المستخدمة.

الملاحظة :

تزداد كتل المواد المتكونة على الكاثود، بزيادة كمية الكهرباء المارة في المحلول.

الاستنتاج :

تتناسب كمية المواد المتكونة أو المستهلكة عند أي قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء المارة في المحلول الإلكتروليتي.

القانون الثاني لفاراداي

تتناسب كتل المواد المختلفة أو المستهلكة عند مرور نفس كمية الكهرباء تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة الجرامية.

$$\frac{\text{كتلة المكافئة للعنصر الأول}}{\text{كتلة المكافئة للعنصر الثاني}} = \frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة العنصر الثاني}} : \text{الصيغة الرياضية لقانون فاراداي الثاني}$$

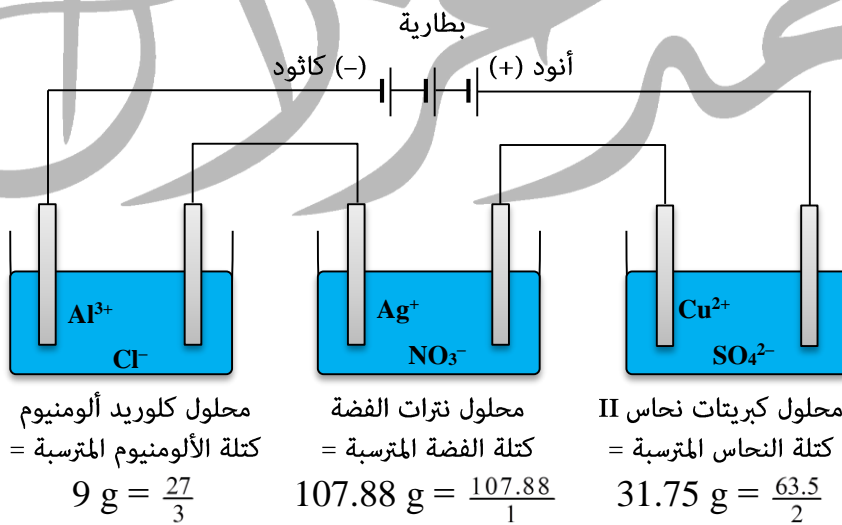
الكتلة المكافئة الجرامية

كتلة المادة التي لها القدرة على فقد أو اكتساب مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي.

$$\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر Z}} = \text{الكتلة المكافئة الجرامية}$$

مثال : الكتلة المكافئة الجرامية للنحاس Cu^{2+} $= \frac{63.5}{2} = 31.75 \text{ g}$

تحقيق القانون الثاني لفاراداي :



التحليل الكهربائي لعدة محاليل إلكتروليتية

الخطوات :

- (١) كون الخلية التحليلية الموضحة بالشكل المقابل وتحتوي على محاليل كبريتات نحاس II ، ونترات الفضة ، وكلوريد الألومنيوم.
- (٢) مرر في المحاليل الإلكتروليتية المتصلة على التوالي كمية من الكهرباء، والتي يتم حسابها من العلاقة :
كمية الكهرباء (Coulomb) = شدة التيار (Ampere) × الزمن (Second)
- (٣) سجل كتل المواد المتكونة على كاثود كل خلية.

(٤) قارن نسب كتل المواد المتكونة على كاثود كل خلية، بالكتل المكافئة الجرامية لهذه المواد، والتي يتم حسابها من العلاقة : الكتلة المكافئة الجرامية = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر } Z}$

الملاحظة :

النسبة بين كتل المواد المتكونة على كاثود كل خلية، تتناسب طردياً مع النسبة بين الكتل المكافئة الجرامية لكل منها : النحاس $\text{Cu}^{2+} = \frac{63.5}{2} = 31.75$ ، الفضة $\text{Ag}^+ = \frac{107.88}{1} = 107.88$ ، الألومنيوم $\text{Al}^{3+} = \frac{27}{3} = 9$

الاستنتاج :

تتناسب كتل المواد المختلفة أو المستهلكة عند مرور نفس كمية الكهرباء تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة الجرامية.

مترادفات لفظية
المكافئ الجرامي = الكتلة المكافئة = الوزن المكافئ
الكتلة الذرية = الوزن الذري = الذرة الجرامية = g/atom = المول ذرة

الأمبير (A) [وحدة قياس شدة التيار]

◀ كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 1.118 mg من الفضة في الثانية الواحدة.
 ◀ حاصل ضرب وحدة قياس كمية الكهرباء في وحدة قياس الزمن.

الكولوم (C)

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 1.118 mg من الفضة.
 حساب كمية الكهرباء اللازمة لترسيب الكتلة المكافئة الجرامية بدلالة الفضة .

$$1 \text{ C} \rightarrow 1.118 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$X \text{ C} \rightarrow 107.88 \text{ g}$$

$$X = \frac{1 \times 107.88}{1.118 \times 10^{-3}} = 96494 \approx 96500 \text{ C (1 F)}$$

الفارادي (F)

◀ كمية الكهرباء اللازمة لاستهلاك أو ترسيب أو تصاعد الوزن المكافئ الجرامي لمادة عند الأقطاب بالتحليل الكهربائي.
 ◀ كمية الكهرباء التي شحنتها تعادل شحنة (1 mol e^-) وهي تساوي 96500 C

القانون العام للتحليل الكهربائي

عند مرور واحد فارادي (1F) (96500 C) خلال الإلكتروليت فإنه يؤدي إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.

قوانين هامة

كمية الكهرباء (C) = شدة التيار (A) × الزمن (s)
hour $\xrightarrow[\div 60]{\times 60}$ min $\xrightarrow[\div 60]{\times 60}$ sec
الكتلة المكافئة الجرامية (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر Z}}$
كتلة المادة المترسبة (g) = $\frac{\text{كمية الكهرباء (C)} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}}{96500 C}$
أو الفاراداي (96500C) ← الكتلة المكافئة الجرامية (g) كمية الكهرباء ← الكتلة المترسبة (g)
كمية الكهرباء (فاراداي) = $\frac{\text{الكتلة المترسبة من الفلز X}}{\text{الكتلة المكافئة للفلز X}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من الفلز Y}}{\text{الكتلة المكافئة للفلز Y}}$
كمية الكهرباء اللازمة لترسيب المول (g/atom) = الفاراداي (F) × عدد شحنات الأيونات (Z)
كمية الكهرباء اللازمة لتكوين المول (g/atom) من أي غاز (فاراداي) = الفاراداي (F) × عدد مولات e^-

مثال (5)

احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب (g/atom) من الألومنيوم عند التحليل الكهربائي لمصهور (Al_2O_3)
[Al=27]

الحل

∴ كمية الكهرباء اللازمة لترسيب المول (g/atom) = الفاراداي (F) × عدد الشحنات (Z)

كمية الكهرباء اللازمة لترسيب المول (g/atom) = $3 F$

حل آخر :

$$9 g = \frac{27}{3} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر Z}} = \text{الكتلة المكافئة الجرامية (g)}$$

لترسيب (g/atom) أي لترسيب 1 mol من الألومنيوم (Al) = 27 g

$$3 F = \frac{27 \times 1}{9} = \frac{\text{الكتلة المترسبة} \times 1 F}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}}$$

مثال (6)

احسب كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 5.9g من النيكل من محلول كلوريد النيكل (II)

[Ni = 59]



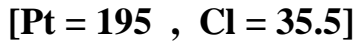
علماً بأن تفاعل الكاثود :

(19300 C)

أجب بنفسك

مثال (7)

ما هي كتلة كل من البلاتين، والكلور الناتجين من إمرار 4825 C في محلول كلوريد البلاتين ، علماً بأن التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب هي :



الحل

$$48.75\text{ g} = \frac{195}{4} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر Z}} = (\text{Pt}) \quad \therefore \text{الكتلة المكافئة الجرامية للبلاتين}$$

$$\begin{aligned} 96500\text{ C} &\longrightarrow 48.75\text{ g} \\ 4825\text{ C} &\longrightarrow X\text{ g} \end{aligned} \quad \therefore X = \frac{4825 \times 48.75}{96500} = \boxed{2.44\text{ g}}$$

$$35.5\text{ g} = \frac{35.5}{1} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر Z}} = (\text{Cl}) \quad \therefore \text{الكتلة المكافئة الجرامية للكلور}$$

$$\begin{aligned} 96500\text{ C} &\longrightarrow 35.5\text{ g} \\ 4825\text{ C} &\longrightarrow X\text{ g} \end{aligned} \quad \therefore X = \frac{4825 \times 35.5}{96500} = \boxed{1.775\text{ g}}$$

مثال (8)

احسب الزمن بالدقائق اللازم لترسيب 3.175g من النحاس عند مرور تيار كهربائي شدته 5A في محلول كبريتات النحاس، علماً بأن تفاعل الكاثود : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ [Cu = 63.5]

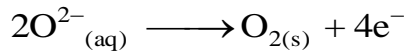
(32.17 min)

أجب بنفسك

مثال (9)

احسب حجم غاز الأكسجين الناتج عن مرور كمية من الكهرباء مقدارها 5 F في إلكتروليت في معدل الضغط ودرجة الحرارة

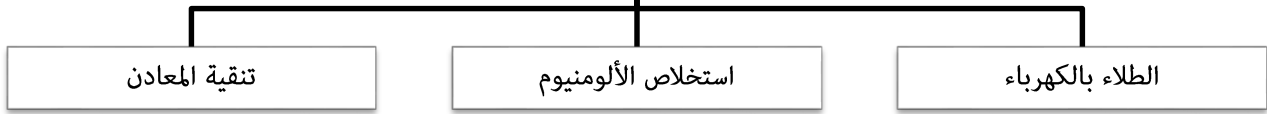
الحل



كمية الكهرباء اللازمة لفصل 1 مول (O_2) = الفاراداي (F) × عدد مولات الإلكترونات
 $4\text{ F} = 4 \times 1 =$

$$\begin{aligned} 1\text{ mol } (\text{O}_2) &= 22.4\text{ L} \longrightarrow 4\text{ F} \\ X\text{ L} &\longrightarrow 5\text{ F} \end{aligned} \quad \therefore X = \frac{5 \times 22.4}{4} = \boxed{28\text{ L}}$$

تطبيقات على التحليل الكهربائي

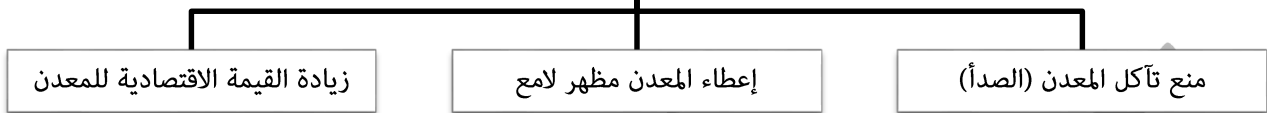


الطلاء بالكهرباء :

الطلاء بالكهرباء :

عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لإعطائه مظهراً جميلاً ولامعاً أو لحمايته من التآكل.

أهمية الطلاء بالكهرباء

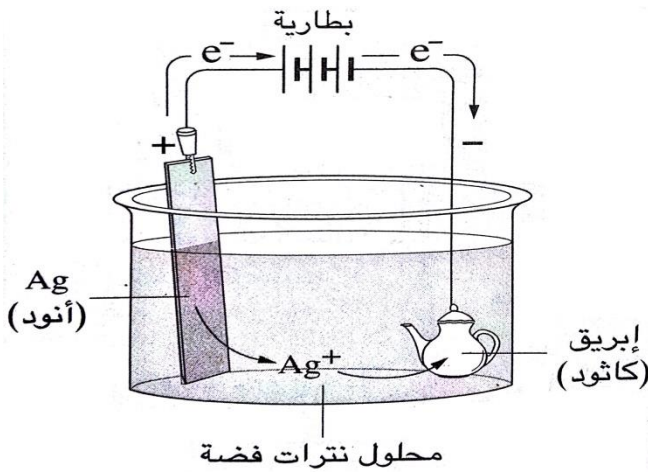


أمثلة لعملية الطلاء :

- ① طلاء بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب بطبقة من الكروم ... **علل ؟**
لتأخذ شكلاً جميلاً وأيضاً لحمايتها من التآكل.
- ② طلاء بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات والمعادن الرخيصة بالكروم أو الذهب أو الفضة ...
علل ؟ لإعطائها شكلاً جميلاً وحمايتها من التآكل ورفع قيمتها الاقتصادية.

تجربة عملية لطلاء ابريق بطبقة من الفضة :

الخطوات :



- (١) نظف سطح ابريق جيداً.
- (٢) اغمس ابريق بعد تنظيفه في محلول إلكتروليتي يحتوي على أيونات الفضة (نترات الفضة مثلاً) ويوصل بالقطب السالب (الكاثود).
- (٣) ضع في المحلول قطب من الفضة ويوصل بالقطب الموجب (الأنود).
- (٤) **عند الأنود :** يذوب قطب الفضة في المحلول

$$\text{Ag}^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} \text{Ag}^{+}_{(aq)} + e^{-}$$
- (٥) **عند الكاثود :** تُختزل أيونات الفضة على ملعقة

$$\text{Ag}^{+}_{(aq)} + e^{-} \xrightarrow{\text{Reduction}} \text{Ag}^{\circ}_{(s)}$$

ملاحظات هامة على عمليات التحليل الكهربائي

يحدث صراع عند الأقطاب بين الأيونات على عمليتي الأكسدة والاختزال.

عند الأنود يتأكسد الأعلى في جهد الأكسدة وعند الكاثود يختزل الأعلى في جهد الاختزال.

في المثال السابق :

– عند الأنود : جهد أكسدة فلز الفضة أعلى من جهد أكسدة أيونات النترات (NO_3^-) أو أيونات هيدروكسيد الماء (OH^-) فيتأكسد فلز الفضة.

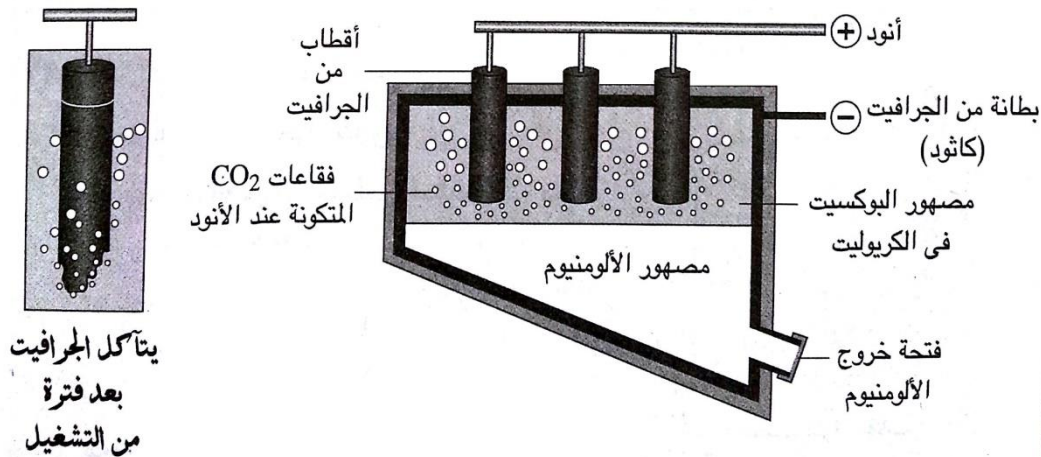
– عند الكاثود : جهد اختزال أيونات الفضة (Ag^+) أعلى من جهد اختزال أيونات هيدروجين الماء (H^+) فيتأكسد أيونات الفضة.

(٣) استخلاص الألومنيوم

يستخلص الألومنيوم كهربياً من خام البوكسيت (Al_2O_3) المذاب في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) وقليل من الفلورسبار (CaF_2) لخفض درجة انصهار البوكسيت من 2045°C إلى 950°C

حديثاً يستعاض عن الكريوليت باستخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كل من: الصوديوم والألومنيوم والكالسيوم ($\text{CaF}_2 - \text{AlF}_3 - \text{NaF}$) ... علل ؟

يعطى المخلوط مع البوكسيت مصهور يتميز بانخفاض درجة انصهاره ليوفر الطاقة وانخفاض كثافته، ليسهل فصل الألومنيوم المنصهر والذي يكون راسباً في قاع خلية التحليل الكهربائي.

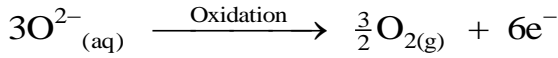


المكونات :

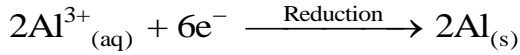
- ① المصعد (الأنود) [القطب الموجب]: عبارة عن أسطوانات من الكربون (الجرافيت)
- ② المهبط (الكاثود) [القطب السالب]: جسم إناء الخلية المصنوع من الحديد والمبطن بطبقة من الكربون (الجرافيت)
- ③ الإلكتروليت: عبارة عن البوكسيت المنصهر والمذاب في الكريوليت المحتوي على القليل من الفلورسبار، وحديثاً تم الاستعاضة عنه بأملاح فلوريدات كل من الكالسيوم والصوديوم والألومنيوم.

التفاعلات الحادثة في الخلية :

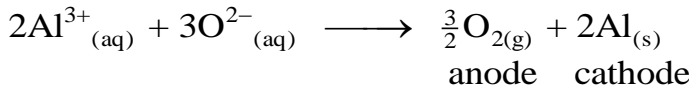
- ① يتأين البوكسيت بفعل الحرارة تبعاً للمعادلة التالية : $Al_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3O^{2-}_{(aq)}$
- ② عند مرور التيار الكهربائي بين قطبي الخلية تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة وتحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال :
- عند الأنود : يحدث أكسدة لأيونات الأكسجين.



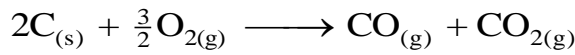
عند الكاثود : يحدث اختزال لأيونات الألومنيوم وتُسحب من خلال فتحة خاصة بذلك.



التفاعل الكلي :

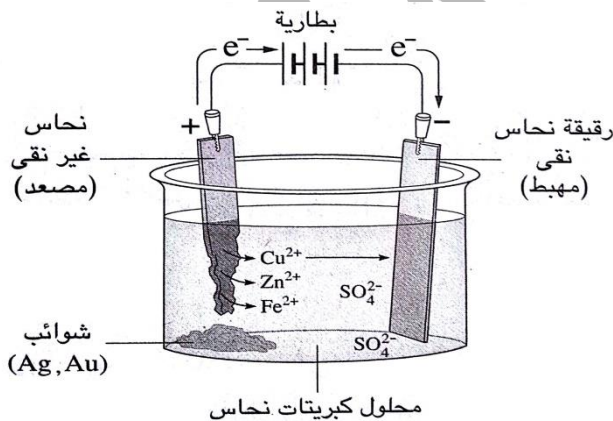


يلزم تغيير أقطاب الجرافيت باستمرار ... **علل** ؟ لتفاعل الأكسجين المتصاعد عند مع أقطاب الكربون مكوناً غازات أول وثاني أكسيد الكربون مما يؤدي إلى تآكل أقطاب الجرافيت.



(٣) تنقية المعادن:

تكون درجة نقاوة المعادن التي يتم تحضيرها في الصناعة أقل من درجة نقاوتها المطلوبة لبعض الاستخدامات المعينة، وبالتالي تقلل من كفاءتها.



مثال : النحاس الذي نقاوته 99% يحتوي على شوائب الخارصين والحديد والفضة والذهب والتي تقلل من قابلية النحاس للتوصيل للكهرباء وأيضاً من جودته لذلك تستخدم طريقة التحليل الكهربائي لتنقية النحاس للحصول على نحاس نقي 99.95% الذي يراد استعماله في صناعة الاسلاك الكهربائية.

المكونات :

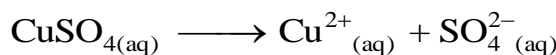
① المصعد (الأنود) [القطب الموجب] : فلز النحاس (Cu^0) غير النقي.

② المهبط (الكاثود) [القطب السالب] : سلك أو رقائق النحاس النقي 100%

③ الإلكتروليت : محلول مائي من كبريتات النحاس

التفاعلات الحادثة في الخلية :

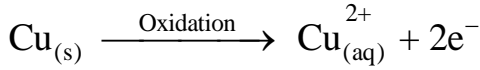
① تتفكك جزيئات محلول كبريتات النحاس في الماء إلى أيونات النحاس (Cu^{2+}) وأيونات الكبريتات (SO_4^{2-})



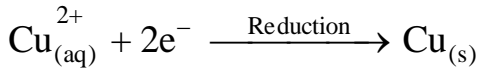
② عند مرور التيار الكهربائي من البطارية الخارجية عند جهد يزيد عن الجهد القياسي لنصف خلية النحاس، تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة في الشحنة.

عند المصعد (الأنود) [القطب الموجب]:

يذوب النحاس (يتأكسد) ويتحول إلى أيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول.



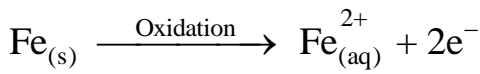
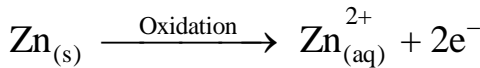
عند المهبط (الكاثود) [القطب السالب] : تحدث عملية اختزال لأيونات النحاس التي تترسب على الكاثود



أي أن النتيجة النهائية : انتقال النحاس من الأنود إلى الكاثود ونحصل على نحاس نقاوته 99.95%

أما الشوائب الموجودة في المصعد (الأنود) فهي نوعان :

① شوائب الخارصين والحديد : تذوب (تتأكسد) في المحلول وتتحول إلى أيونات الخارصين (Zn^{2+}) وأيونات الحديد (Fe^{2+}) ولكنها لا تترسب على الكاثود ... **علل** ؟ لصعوبة اختزالها بالنسبة لأيونات النحاس.



② شوائب الذهب والفضة لا تذوب (تتساقط تحت الأنود) وتزال في قاع الخلية ... **علل** ؟



لصعوبة أكسبتها بالنسبة لأيونات النحاس.

أهمية تنقية النحاس :

① الحصول على نحاس نقاوته 99.95% جيد التوصيل للتيار الكهربائي.

② استخلاص بعض المعادن النفيسة مثل الذهب والفضة من خامات النحاس.

تقويم الدرس الثاني : الخلايا التحليلية


العلامة  تدل على كتاب المدرسة
العلامة  تدل على دليل التقويم

١ اكتب المصطلح العلمي أو الاسم الدال على كل عبارة من العبارات الآتية :


(١) خلايا كهربية تُستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي الحدوث.
(مصر ثان ٠٧ ، مصر أول ٠٨)

* خلايا يتم فيها فصل مكونات الإلكتروليت باستخدام طاقة كهربية من مصدر خارجي.

(٢) محاليل الأملاح والأحماض والقواعد أو مصاهير الأملاح الموصلة للتيار الكهربائي.

(٣)  المواد التي ينتقل فيها التيار الكهربائي عن طريق حركة أيوناتها.

(٤) الموصلات التي ينتقل فيها التيار الكهربائي عن طريق حركة الإلكترونات الحرة.

(٥)  الجسيمات المادية الغنية بالإلكترونات والموجودة في المصهور أو المحلول.

(٦) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الأكسدة في الخلايا الكهروكيميائية.
(مصر أول - ح - ١٤)

* القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الأكسدة في الخلايا الكهربية.
(تجريبي ١٥)

(٧) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الأكسدة في الخلايا الجلفانية.

(٨) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الأكسدة في الخلايا التحليلية.

(٩) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الاختزال في الخلايا الكهروكيميائية.

(١٠) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الاختزال في الخلايا الجلفانية.

(١١) القطب الذي تحدث عنده تفاعلات الاختزال في الخلايا التحليلية.

(١٢) مجموع جهدي الأكسدة والاختزال لنصفي الخلية.

(١٣) عملية فصل مكونات إلكتروليت باستخدام مصدر خارجي للتيار الكهربائي المستمر.

(١٤) تتناسب كتل المواد المتكونة أو المستهلكة أو المتصاعدة عند الأقطاب سواء كانت غازية أو صلبة

طردياً مع كمية الكهرباء التي تمر في المحلول الإلكتروليتي.
(مصر ثان ٠٦ ، السودان أول - ح - ١٥)

(١٥) كمية المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية التيار الكهربائي تتناسب مع أوزانها

المكافئ.
(مصر أول ٩٧)


* كتلة المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء تتناسب مع كتلتها المكافئة.

(مصر أول ٠٧)

(١٦) كتلة المادة التي لها القدرة على فقد أو اكتساب واحد مول من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي.

(١٧) العالم الذي أوضح أن مرور 96500 C خلال إلكتروليت يؤدي إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب كتلة

مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.
(مصر ثان ٠٨ ، مصر ثان ١٠)

(١٨)  حاصل ضرب شدة التيار بالأمبير في الزمن بالثانية.
(مصر أول - ح - ١٤)

(١٩) حاصل ضرب وحدة شدة التيار في وحدة الزمن.
(مصر أول - ح - ١٥)

(٢٠) كمية التيار الكهربائي اللازمة لترسيب أو إذابة أو تصاعد الكتلة المكافئة الجرامية لأي عنصر.

* كمية الكهرباء اللازمة لترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة.
(مصر ثان ٠٩ ، مصر ثان ١٢)

(٢١) كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 1.118 mg فضة
(مصر أول ٠٦ ، السودان أول ٠٨)

* كمية الكهرباء التي تنتج عند إمرار تيار كهربائي شدته واحد أمبير خلال موصل في الثانية الواحدة

(مصر أول ٠٢)

- (٢٢) كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 1.118 mg فضة في الثانية الواحدة.
- (٢٣) عند مرور 1F في محلول إلكتروليتي، فإن ذلك يؤدي إلى ذوبان أو ترسيب أو تصاعد كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.
- (٢٤) عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز على سطح فلز آخر لحمايته من التآكل أو لإكسابه مظهراً لامعاً.

٢ اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

- (١) المواد التي توصل التيار عن طريق حركة أيوناتها هي موصلات
 (أ) معدنية (ب) إلكتروليتي (ج) إلكترونية (د) تساهمية
- (٢) الجسيمات المادية المتحركة في المصهور أو المحلول والغنية بالإلكترونات هي
 (أ) الأيونات الموجبة (ب) الأيونات السالبة (ج) الجزيئات (د) الذرات
- (٣) العالم الذي استنبط العلاقة بين كمية الكهرباء وكمية المادة المترسبة عند الأقطاب هو
 (أ) دالتون (ب) جلفاني (ج) فاراداي (د) فولتا
- (٤) عند مرور كمية من الكهرباء في عدة خلايا إلكتروليتي متصلة على التوالي فإن كتل العناصر المتكونة عند الأقطاب تتناسب مع
 (أ) أعدادها الذرية (ب) كتلتها الذرية (ج) كتلتها المكافئة (د) تكافؤها
- (٥) عند مرور واحد فاراداي خلال إلكتروليتي فإن ذلك يؤدي إلى ذوبان أو تصاعد أو ترسيب
 للمادة عند أحد الأقطاب.
 (أ) الكتلة الذرية الجرامية (ب) الكتلة المكافئة الجرامية
 (ج) كتلة عدد أفوجادرو (د) نصف الكتلة المكافئة الجرامية
- (٦) كمية التيار الكهربائي اللازمة لترسيب g/atom من النحاس بناء على التفاعل الآتي تساوي

$$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$$
 (أ) 1 F (ب) $\frac{1}{2}$ F (ج) 2 F (د) 4 F
- (٧) كمية التيار الكهربائي اللازمة لترسيب g/atom من الألومنيوم بناء على التفاعل التالي

$$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$$
 (أ) $\frac{1}{2}$ F (ب) 1 F (ج) 3 F (د) 2 F
- (٨) لترسيب جرام / ذرة من فلز ثلاثي التكافؤ يلزم امرار كمية من الكهرباء في محلول أحد أملاحه مقدارها
 (أ) 9650 كولوم (ب) 96500 كولوم (ج) 189000 كولوم (د) 289500 كولوم
- (٩) لترسيب 9g من الألومنيوم $^{27}_{13}\text{Al}$ بالتحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الألومنيوم AlCl_3 يلزم كمية من
 الكهربائية تساوي
 (أ) 1 F (ب) 2 F (ج) 5 F (د) 3 F
- (١٠) لترسيب 18g من الألومنيوم $^{27}_{13}\text{Al}$ بالتحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الألومنيوم تحتاج لكمية من
 الكهربائية تساوي
 (أ) $\frac{1}{2}$ F (ب) 1 F (ج) 2 F (د) 3 F

(١١) لترسيب 4g من فلز الكالسيوم ($Ca = 40$) نتيجة تحليل مصهور كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ كهربياً يلزم كمية من الكهربائية مقدارها

(مصر أول ٩٧)

(أ) 96500 C (ب) 965 C (ج) 193 C (د) 19300 C

(١٢) كتلة عنصر الكالسيوم ($Ca = 40$) الناتجة من التحلل الكهربى لمصهور كلوريد الكالسيوم بامرار 48250 كولوم تساوى

(مصر أول ٠٢)

(أ) 40g (ب) 20g (ج) 10g (د) 50g

(١٣) لترسيب 32.5 g من الخارصين بالتحليل الكهربى لمحلول كلوريد الخارصين تلزم كمية من الكهرباء مقدارها [$Zn=65$]

(مصر أول ٩٣ ، مصر أول ١٠)

(أ) 0.2 F (ب) $\frac{1}{2}$ F (ج) 1 F (د) 2 F

(١٤) عند طلاء معلقة من النحاس بطبقة من الفضة يستخدم

(مصر ثان ٠١)

(أ) كاثود من الفضة فى محلول كبريتات النحاس.

(ب) أنود من الفضة فى محلول نيترات الفضة.

(ج) كاثود من الفضة فى محلول نيترات الفضة.

(د) أنود من الفضة فى محلول كبريتات النحاس

(١٥) يحضر الألومنيوم عن طريق

(مصر ثان ٠١)

(أ) اختزال Al_2O_3 بواسطة فحم الكوك

(ب) اختزال Al_2O_3 بواسطة الكروم

(ج) تسخين Al_2O_3 مع الكريوليت.

(د) التحليل الكهربى لـ Al_2O_3 المذاب فى Na_3AlF_6

(١٦) عند التحليل الكهربى لمحلول مائى من كبريتات النحاس عند تنقية النحاس فإن

(أ) ذرات نحاس الأنود تتأكسد وتتحول إلى أيونات

(ب) يترسب النحاس عند الكاثود

(ج) تتأكسد شوائب الحديد والخارصين ولا تترسب على الكاثود

(د) جميع ما سبق

(١٧) تسمى عملية تغطية سطح الحديد بالجلفنة ويعبر عنها بالتفاعل



٣ علل لها يأتى :

(١) الأنود هو القطب الموجب والكاثود هو القطب السالب فى الخلايا التحليلية.

(٢) أهمية الطلاء بالكهرباء فى حياتنا اليومية.

* طلاء بعض أجزاء السيارات المصنوعة من الصلب بطبقة من الكروم.

* طلاء بعض الأدوات الصحية مثل الصنابير والخلاطات والمعادن الرخيصة بالكروم أو الذهب أو الفضة

(٣) الكتلة المكافئة الجرامية للصدىوم تساوي كتلته المولية، بينما الكتلة المكافئة الجرامية للماغنسيوم

تساوي نصف كتلته المولية.

(٤) استخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كل من الألومنيوم والصدىوم والكالسيوم بدلاً من الكريوليت

المحتوى على قليل من الفلورسبار عند استخلاص الألومنيوم من البوكسيت

(مصر أول ٠٦)

(٥) يمكن الحصول على غاز الكلور بالتحليل الكهربى للمحاليل المائية التى تحتوى على أيون الكلوريد

(٦) فى الخلية التحليلية تكون إشارة الجهد الكهربى لها سالبة.

- (٧) يجب تنقية النحاس الذي نقاوته 99%
 (٨) لا تتأكسد ذرات الذهب والفضة الموجودة كشوائب في أنود خلية تنقية فلز النحاس بالتحليل الكهربائي.
 (٩) لا تترسب ذرات الخارصين والحديد على الكاثود في خلية تنقية فلز النحاس بالتحليل الكهربائي.

٤ مسائل متنوعة :

حساب كمية الكهرباء

- (١) احسب كمية الكهرباء مقدرة بالكولوم لفصل 2.8g من الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ من كلوريد الحديد (II) علماً بأن
 تفاعل الكاثود هو: $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{\circ}_{(\text{s})}$ (مصر أول ٩٥)
 (9650 C)

- (٢) احسب كمية الكهرباء بالكولوم اللازمة لفصل 5.6g من الحديد $^{55.8}_{26}\text{Fe}$ من محلول كلوريد الحديد (III)
 عندما يكون تفاعل الكاثود $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{\circ}_{(\text{s})}$ (مصر أول ٩٦)
 (29053.76 C)

- (٣) احسب كمية الكهرباء اللازمة للحصول على 3175g نحاس بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات
 النحاس (II) باستخدام أنود (مصعد) من النحاس غير النقي.
 علماً بأن تفاعل الكاثود هو: $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}^{\circ}_{(\text{s})}$ (Cu=63.5)
 (9650000 C)

- (٤) احسب كمية التيار – مقدرة بالكولوم – اللازمة لفصل 11.2 g من الحديد من محلول كلوريد الحديد III
 ، علماً بأن تفاعل الكاثود: $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Fe}^{\circ}_{(\text{s})}$ [Fe = 55.86] (مصر أول ١٢)
 (58045.1 C)

- (٥) احسب كمية الكهرباء بالكولوم اللازمة لتصاعد 1.12L من غاز الهيدروجين عند التحليل الكهربائي للماء
 إذا علمت أن التفاعل الحادث عند الكاثود هو :
 $2\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ (السودان أول ٠٩)
 (9650 C)

- (٦) احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب 21.6g من الفضة على سطح ملعقة أثناء عملية الطلاء بالكهرباء
 ، التفاعل عند الكاثود: $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Ag}^{\circ}_{(\text{s})}$ [Ag = 108] (مصر ثان ٠٦)
 (0.02 F)

- (٧) احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب 10.8g من الفضة على سطح ملعقة خلال عملية الطلاء بالكهرباء
 ، التفاعل عند الكاثود: $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$ [Ag = 108] (السودان أول ٠٧)
 (0.1 F)

- (٨) ما عدد الفاراداي اللازم لترسيب g/atom من النحاس بناء على التفاعل عند الكاثود :
 $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ (مصر ثان ٠٧)

(2 F)

(٩) احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب g/atom من الألومنيوم عند التحليل الكهربائي لمصهور البوكسيت $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ $[\text{Al} = 27]$

(3 F)

(١٠) احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب 10g من الفضة على سطح شوكة خلال عملية الطلاء بالكهرباء. $[\text{Ag} = 108]$

(0.093 F)

(١١) احسب عدد الفاراداي اللازم لترسيب 130g من الفضة عند الكاثود خلال عملية الطلاء بالكهرباء $[\text{Ag} = 108]$

(1.2 F)

حساب الكتلة

(١٢) احسب كتلة الخارصين المترسبة عند الكاثود عند مرور تيار كهربائي شدته 20A لمدة $\frac{1}{4}$ hour في محلول كبريتات خارصين $(\text{Zn} = 65)$ (مصر ثان ٩٨)

(6.06 g)

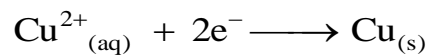
(١٣) احسب كتلة النحاس المترسبة من إمرار تيار كهربائي شدته 10A لمدة $\frac{1}{2}$ hour في محلول كبريتات النحاس (II) $[\text{Cu} = 63.5]$ (مصر ثان ٩٩ ، السودان أول ١٠)

(5.92 g)

(١٤) احسب كتلة الفضة المترسبة من إمرار تيار كهربائي شدته 2A لمدة 1 hour في محلول نترات الفضة علماً بأن تفاعل الكاثود هو : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$ $[\text{Ag} = 108]$

(8.05g)

(١٥) احسب كتلة النحاس المترسبة باختزال أيونات النحاس (II) من خلال إمرار تيار كهربائي شدته 2.5A في محلول كلوريد النحاس (II) لمدة 45min علماً بأن تفاعل الكاثود هو :

 $[\text{Cu} = 63.5]$ 

(2.22 g)

(١٦) احسب كتلة الفضة المترسبة عند إمرار تيار كهربائي شدته 10A في محلول نترات فضة لمدة $\frac{1}{2}$ hour بين قطبي من الفضة. (مصر أول ٠٣)

اكتب معادلة تفاعل الكاثود $[\text{Ag} = 108]$

(20.15 g)

(١٧) احسب كتلة الكالسيوم المترسبة عند الكاثود نتيجة مرور كمية من الكهرباء مقدارها 9650 C في مصهور كلوريد الكالسيوم $[\text{Ca} = 40]$

(2 g)

- (١٨) بالتحليل الكهربى لمحلول يوديد البوتاسيوم يتصاعد غاز الهيدروجين وأبخرة اليود، فإذا كان زمن مرور التيار الكهربى نصف ساعة وشدة التيار الكهربى $5A$ $[I = 127, H = 1]$ (مصر ثان ٠٢)
 (أ) احسب كتلة كل من اليود والهيدروجين المتصاعد.
 (ب) اكتب التفاعلات التى تحدث عند الأقطاب.

حساب الزمن

- (١٩) احسب الزمن اللازم لترسيب 9g من فلز الألومنيوم عند مرور تيار كهربى شدته 10A فى خلية تحليل تحتوى على أكسيد ألومنيوم إذا علمت أن $^{27}_{13}Al$ والتفاعل عند الكاثود.
 (مصر أول ٩٩)
 $Al^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow Al_{(s)}$
 (9650 s)

- (٢٠) احسب الزمن اللازم لترسيب 2.96g من النحاس من محلول كبريتات النحاس (II) عند مرور تيار كهربى شدته 10A؟
 $[Cu = 63.5]$ (السودان ثان ٠٧)
 (900 s)

- (٢١) كم دقيقة تلزم لترسيب 3.175g من النحاس من محلول كبريتات النحاس (II) عند مرور تيار كهربى شدته 10A ؟
 $[Cu = 63.5]$ (مصر أول ٠٦)
 (16.08 min)

- (٢٢) كم دقيقة تلزم لحدوث ما يلى :
 (أ) إنتاج 10500C من تيار شدته 25A
 (ب) ترسيب 21.9g من الفضة من محلول نترات الفضة بمرور تيار شدته 10A
 $[Ag=108]$ (مصر ثان ١٠)
 (7 min)
 (32.6 min)

- (٢٣) ينتج فلز الألومنيوم بالتحليل الكهربى لمصهور أكسيد الألومنيوم ، احسب الزمن اللازم لترسيب 18g من الألومنيوم عند مرور تيار كهربى شدته 20A علماً بأن تفاعل الاختزال عند الكاثود هو:
 $Al^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow Al_{(s)}$
 $[Al = 27]$ (مصر أول ٠٤)
 (9650 s)

حساب شدة التيار

- (٢٤) احسب شدة التيار الكهربى اللازمة لمرور 0.18 F من الكهرباء خلال محلول إلكتروليتي لمدة 0.5 hour
 (مصر ثان ٠٠)
 (9.65 A)

- (٢٥) احسب شدة التيار الكهربى الناتجة عن إمرار كمية من الكهرباء مقدارها 3.7 F خلال محلول إلكتروليتي فى زمن قدره 40 min
 (مصر أول ٠٨)

- (٢٦) عند إمرار تيار كهربى لمدة ساعتين فى محلول كلوريد الحديد II ترسب 5.6 g من الحديد، احسب شدة التيار المارة فى الدائرة.
 $[Fe = 56]$ (الأزهر ٩٧)

حساب الكتلة المكافئة

(٢٧) أمر تيار شدته 7A في محلول نترات أحد العناصر لفترة زمنية قدرها 4min ، فإذا كانت كتلة الكاثود قبل مرور التيار الكهربائي 12g وأصبحت بعد مرور التيار الكهربائي 13.88g ، احسب الكتلة المكافئة الجرامية لهذا العنصر.

(مصر ثان ٠٤)

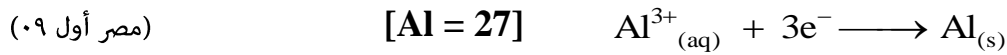
(108 g)

حساب الكتلة المولية

(٢٨) يلزم مرور تيار كهربائي شدته 2.5A لمدة 74.6 s في محلول يحتوي على أيونات M^{2+} لترسيب 0.1086 g من العنصر M ، احسب الكتلة المولية للعنصر M

حساب عدد المولات

(٢٩) ينتج فلز الألومنيوم بالتحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم ، احسب عدد مولات فلز الألومنيوم الناتجة من مرور تيار كهربائي شدته 9.65A لمدة 5min ، علماً بأن معادلة تفاعل الكاثود هي :



(مصر أول ٠٩)

(0.01 mol)

حساب الحجم

(٣٠) احسب حجم غاز الكلور المتصاعد في معدل الضغط ودرجة الحرارة عند إمرار تيار كهربائي شدته 10A في الفترات التالية :

[Cl = 35.45]

(أ) 0.5 hour أثناء عملية التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم.

(ب) 20 min أثناء عملية التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم.

(السودان أول ١١)

(مصر أول ٠٧)

(2.089L - 1.39L)

القانون الثاني لفاراداي

(٣١) أمرت كمية كهرباء واحدة في خليتين تحليليتين متصلتين على التوالي فكانت كتلة النحاس المترسبة في الخلية الأولى 0.08g وفي الخلية الثانية 0.16g ، فإذا كان رمز أيون النحاس في الخلية الأولى (Cu^{++}) ، وضح رمز أيون النحاس في الخلية الثانية.

(Cu⁺)

(٣٢) تم توصيل خليتي تحليل كهربائي على التوالي ، تحتوي الأولى على محلول كبريتات النحاس (II) ، والثانية على محلول كبريتات الكروم (III) ، فإذا كانت كمية النحاس المترسبة على كاثود الخلية الأولى 0.125 mol فما عدد مولات الكروم التي تترسب في الخلية الثانية في نفس الوقت ؟

(0.083 mol)

حسابات متنوعة

(٣٣) أجريت عملية طلاء لشريحة من النحاس مساحتها 100cm² بإمرار كمية من الكهرباء مقدارها 0.5F في محلول مائي من كلوريد الذهب (III) (الطلاء لوجه واحد فقط)، علماً بأن الكتلة الذرية للذهب 196.98 وكثافته 13.2 g/cm³ احسب حجم طبقة الذهب المترسبة.

(مصر أول ١٤)

(2.48 cm³)

(0.0248 cm)

(مصر أول ١٤)

(ب) احسب سُمك طبقة الذهب المترسبة.

(ج) اكتب تفاعل الكاثود.

(٣٤) في عملية التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم بامرار تيار كهربائي شدته 2A لمدة نصف ساعة (السودان أول ١٤)

(أ) احسب حجم غاز الكلور المتصاعد في معدل الضغط ودرجة الحرارة علماً بأن الكتلة الذرية للكلور

(0.417L)

35.45

(ب) إذا لزم 20cm³ من حمض 0.2M (HCl) لمعايرة 10cm³ من المحلول بعد عملية التحليل الكهربائي ، ما هي كتلة هيدروكسيد الصوديوم المتكون إذا كان حجم المحلول هو نصف لتر

(8g)

[Na=23 , O=16 , H=1]

(٣٥) عند امرار تيار شدته 6A لمدة 16min في مصهور أحد أكاسيد الكروم ترسب 1.04g من الكروم عند الكاثود.

[Cr=52 , O=16]

(Cr₂O₃)

(أ) أوجد صيغة أكسيد الكروم.

(0.478g - 0.334L)

(ب) احسب كتلة وحجم غاز الأكسجين الناتج من عملية التحليل الكهربائي.

(٣٦) عند امرار تيار كهربائي شدته 2A لمدة 2.3min في 0.25L من محلول نترات الفضة تترسب جميع أيونات الفضة الموجودة في المحلول على الكاثود.

[Ag=108]

احسب تركيز محلول نترات الفضة قبل اجراء عملية التحليل الكهربائي.

(0.011 M)

٥ اذكر أهمية أو استخدام كل من :

(٢) الطلاء بالكهرباء.

(١) التحليل الكهربائي.

(٤) الكريوليت.

(٣) الخلية التحليلية.

(مصر ثان ٠٩ ، السودان ثان ٠٧ ، السودان أول ١٠)

(٥) مخلوط أملاح فلوريدات (Ca , Na , Al)

(تجربي ١٥)

* الفلورسبار عند استخلاص فلز الألومنيوم من خاماته.

(مصر أول ٠٨)

(٦) الكريوليت المحتوي على القليل من الفلورسبار

(٧) تنقية فلز النحاس من الشوائب.

٦ ما المقصود بكل من :

(٢) الخلايا التحليلية. (مصر أول ٠٦)

(١) الخلايا الإلكتروليتية.

(٤) القانون الثاني لفاراداي.

(٣) الكتلة المكافئة الجرامية.

(مصر ثان ٠٩ ، السودان أول ١٠)

(٥) القانون الأول لفاراداي.

(٧) الكولوم.


(٦) الأمبير.


(٩) القانون العام للتحليل الكهربائي.

(٨) الفاراداي.

(١٠) الطلاء الكهربائي.


٧ أسئلة متنوعة :


- (١) اشرح الخطوات التي تتبع في تنقية فلز النحاس غير النقي باستخدام التحليل الكهربائي.
(مصر أول ٩٨ ، تجريبي ١٤ ، مصر أول - ح - ١٥)
- ✱  النحاس النقي 99% يحتوي على نسبة من الشوائب، وضح كيف يمكن تنقيته من الشوائب للحصول على نحاس نقاوته 99.95%

- (٢)  كيف يمكنك الحصول على الذهب الخالص من سلك من النحاس يحتوي على شوائب من الذهب؟

- (٣) إذا أعطيت ملعقة (أو إبريق) من الحديد، اشرح الخطوات التي تتبعها لطلائها كهربياً بالفضة
(مصر ثان ٩٦ ، السودان ثان ٠٧ ، السودان أول ٠٩ ، السودان أول ١٢ ، مصر ثان ١٢ ، مصر أول - ح - ١٤ ، السودان أول - ح - ١٤ ، تجريبي ١٤ ، السودان ثان - ق - ١٤ ، مصر أول - ق - ١٥)

- (٤) ارسم رسماً تخطيطياً لجهاز استخلاص الألومنيوم من البوكسيت المذاب في مصهور الكريوليت.
(السودان أول ٠٧)

- (٥)  اشرح مع الرسم كيفية تحضير فلز الألومنيوم في الصناعة ، مع كتابة المعادلات التي تحدث في الخلية ، ثم وضح لماذا استبدل أقطاب الجرافيت (الأنود) بعد فترة من الاستخدام.

- (٦)  اشرح مع الرسم كيف تحصل على النحاس من محلول كلوريد النحاس ، اكتب المعادلات التي توضح تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تحدث عند كل من المصعد والمهبط وكذلك التفاعل الكلي.
وإذا كان جهد أكسدة الكلور = 1.36 V - ، وإذا كان جهد اختزال النحاس = 0.34 V +
احسب جهد الخلية ، وضح هل هذا التفاعل تلقائي أم غير تلقائي.

- (٧) كيف يمكن تحقيق كل مما يأتي عملياً :

- (أ) قانون فاراداي الأول.
(مصر ثان ٠٩ ، مصر ثان - ح - ١٤)
- (ب) قانون فاراداي الثاني.
(مصر أول - ح - ١٤)

- (٨) ما المقصود بكل من مع الرسم ... ؟

- (أ) قطب الهيدروجين القياسي.
(ب) خلية التحليل الكهربائي لاستخلاص الألومنيوم من البوكسيت.

- (٩) اكتب المعادلات الكيميائية الدالة على :

- (أ) تفاعل الأكسدة عند الأنود.
(ب) تفاعل الاختزال عند الكاثود.
(ج) التفاعل الكلي.
(د) تفاعل الأكسجين المتصاعد عند أقطاب الكربون.